

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV INFORMAČNÍCH SYSTÉMŮ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF INFORMATION SYSTEMS

STATISTICKÁ ANALÝZA VYSOKOFREKVENČNÍCH ČASOVÝCH ŘAD FINANČNÍCH TRHŮ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

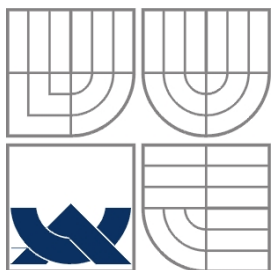
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

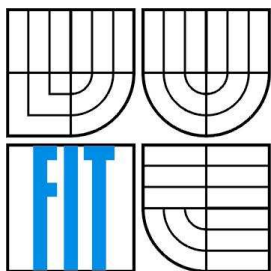
AUTHOR

Bc. Roman Langer

BRNO 2011



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV INFORMAČNÍCH SYSTÉMŮ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF INFORMATION SYSTEMS

STATISTICKÁ ANALÝZA VYSOKOFREKVENČNÍCH ČASOVÝCH ŘAD FINANČNÍCH TRHŮ

STATISTICAL ANALYSIS OF HIGH-FREQUENCY FINANCIAL TIME SERIES

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. Roman Langer

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. RNDr. Jitka Kreslíková, CSc.

BRNO 2011

Abstrakt

Cílem této diplomové práce je analýza finančních dat při zaměření se především na vyhledávání neefektivit na trhu, které mohou vést ke kapitalizaci nalezených anomálií. Data pochází z různých zdrojů a je potřebné je předzpracovat. Analýza spočívá ve statistických metodách vysokofrekvenčních časových řad. Výsledné charakteristiky jsou následně vizualizovány.

Abstract

The goal of this Master's thesis is to analyze financial data by focusing primarily on the search of market inefficiencies that may lead to capitalization of found anomalies. The data comes from various sources and they need to be preprocessed. The analysis is based on high frequency time series statistical methods. The resultant characteristics are visualized.

Klíčová slova

Analýza, forex, vysokofrekvenční časová řada, statistická arbitráž, finanční trh, data, obchod, distribúcia, frekvencia, ponuka, dopyt, rozpätie, charakteristiky

Keywords

Analysis, forex, high - frequency time series, statistical arbitrage, financial market, data, trade, distribution, frequency, bid, ask, spread, characteristics

Citace

Langer Roman: Statistická analýza vysokofrekvenčních časových řad finančních trhů, diplomová práce, Brno, FIT VUT v Brně, 2011

Štatistická analýza vysokofrekvenčných časových radov finančných trhov

Prehlásenie

Prehlasujem, že som túto diplomovú prácu vypracoval samostatne pod vedením doc. RNDr. Jitky Kreslíkovej, CSc.

Uviedol som všetky literárne pramene a publikácie, z ktorých som čerpal.

.....
Roman Langer
25. 05. 2011

Pod'akovanie

Týmto by som sa chcel veľmi pekne poďakovať hlavne svojmu odbornému vedúcemu celej práce doc. RNDr. Jitke Kreslíkovej, CSc. za technickú podporu a pomoc pri zostavovaní celého projektu a tejto dokumentácie. Taktiež veľmi pekne ďakujem za ochotu a odborný prístup aj Michalovi Kreslíkovi, ktorý mi veľmi pomohol a poradil s riešeniami problémov.

© Roman Langer, 2011

Tato práce vznikla jako školní dílo na Vysokém učení technickém v Brně, Fakultě informačních technologií. Práce je chráněna autorským zákonem a její užití bez udělení oprávnění autorem je nezákonné, s výjimkou zákonem definovaných případů..

Obsah

Obsah.....	1
1 Úvod	3
2 Teoretická analýza.....	5
2.1 Vysokofrekvenčné obchodovanie	5
2.1.1 Vývoj vysokofrekvenčného obchodovania	6
2.1.2 Prehľad vysokofrekvenčného obchodovania.....	9
2.2 Elektronická komunikačná sieť.....	11
2.3 Maloobchodné sprostredkovanie.....	11
3 Finančný trh Forex.....	13
3.1.1 História Forexu.....	14
3.1.2 Obchodovanie na trhu Forex	16
3.2 Rozpätie.....	18
3.3 Arbitrážne príležitosti.....	18
3.3.1 Štatistická arbitráž	19
3.4 Fundamentálna analýza	21
3.5 Technická analýza	23
3.6 Štatistické metódy	23
3.6.1 Distribúcia	23
3.6.2 Stabilná distribúcia	24
3.6.3 Priemer a rozptyl	24
3.6.4 Šikmosť	25
3.6.5 Špicatosť.....	26
3.6.6 Tučný chvost	26
3.6.7 Náhodné vektory	26
3.6.8 Frekvenčné mapy.....	27
3.7 Dynamické modely návratnosti aktív a ich premenlivosť	27
4 Špecifikácia požiadaviek a návrh aplikácie	29
4.1 Diagram prípadov použitia.....	29
4.2 Konceptia aplikácie	30
4.3 Dáta	31
4.4 Použité vývojové prostriedky	32
4.4.1 Program na spracovanie veľkých objemov dát.....	32
4.4.2 Objektovo orientované programovanie	33
4.4.3 Vývojové prostredie	33

4.4.4	Jazyk C#	33
4.4.5	.NET Framework.....	33
4.4.6	Gnuplot.....	34
5	Implementácia	35
5.1	Trojvrstvá architektúra	35
5.1.1	Dátová vrstva.....	35
5.1.2	Aplikačná vrstva.....	36
5.1.3	Prezentačná vrstva	36
5.2	Získanie dát	36
5.3	Implementácia metód	37
5.4	Grafické užívateľské rozhranie	38
5.5	Príklad výstupných charakteristík	39
5.6	Odchytávanie výnimiek.....	42
5.7	Testovanie	43
6	Možné rozšírenia	44
7	Záver.....	45
	Literatúra	47

1 Úvod

V diplomovom projekte sa zaoberám teoretickou analýzou, rozborom a návrhom riešenia projektu s názvom Štatistická analýza vysokofrekvenčných časových radov finančných trhov.

Peniaze sú dôležitým nástrojom na výmenu prostriedkov a sú základným meradlom ľudských majetkov. Každý obyvateľ má určité fyzické bohatstvo a rôzni ľudia majú rozdielnu výšku peňazí. Od peňazí sa aj rozlišuje vplyv ľudí a majetnejší ľudia zvyknú mať väčší vplyv na udalosti, napr. politici, vlastníci veľkých spoločností a pod. Aj v minulosti ľudia používali ako platidlo peniaze s rôznymi variantmi. Zo začiatku sa využívalo zlato alebo striebro. Neskôr sa ako platidlá používali peniaze. Tie majú podobu dodnes buď v kovovej alebo papierovej forme. Väčšinou papierové platidlá majú vyššiu hodnotu ako platidlá kovové. Ako jeden zo štátnych znakov sa uvádza aj mena, ktorá je v danej krajine uzákonená ako štátne platidlo. Aby sa určila hodnota určitej meny v danom štáte, existujú medzi štátmi výmenné kurzy, za ktoré je možné vymeniť peniaze v jednej mene za peniaze v druhej mene. V dnešnej dobe majú najväčší vplyv na ekonomiku sveta hlavne USA, krajiny eurozóny používajúce platidlo Euro, Švajčiarsko a Japonsko.

Neustály rozvoj v oblasti informatiky má dramatický vplyv aj na štatistiku. Prieskumné analýzy údajov sa získajú ľahšie, ak sú výpočty a ich následné znázornenia grafmi automatizované. Štúdie pomocou štatistiky veľmi veľkých a komplexných súborov sa tak pomocou informatiky a počítačových programov stávajú čoraz realizovateľnejšími. Nové metódy používajú kedysi nepredstaviteľné množstvo výpočtov na zistenie štatistických údajov. Štatistika sa využíva aj na analýzu finančných trhov a obchodov v nich.

Vysokofrekvenčné obchodovanie v týchto dňoch predstavuje 60% finančných výmen. Na rozdiel od nízko-frekvenčného obchodovania, ktorého obchodníci v 70% prípadoch stratovia, je toto obchodovanie väčšinou ziskové. V časoch krízy v roku 2008 polovica otvorených pozícií vo finančnom sektore zahŕňala takýto typ obchodovania.

Kvantitatívnych štúdií finančných trhov stále viac a viac pribúda a sú čím ďalej tým viac rozšírené aj do hospodárstva alebo každodenného života. Finančné trhy môžu byť vnímané ako komplex dynamických systémov, ktoré sa neustále vyvíjajú, majú významný praktický význam a produkujú enormné množstvo dát, ktoré spracováva viac a viac účastníkov trhu.

Počítačové aplikácie pre finančné trhy sú multidisciplinárna téma, ktorá vyžaduje od navrhovateľov, aby mali vedomosti z rôznych oblastí vedy, medzi ktorými sú napr. implementovanie modelov alebo komplexných systémov, znalosti z ekonómie, matematiky, štatistickej analýzy dát, a softvérového inžinierstva. Táto vedná disciplína je veľmi rozsiahla a postupne získava širší záujem z vedecko-spoločenského hľadiska.

Cieľom tejto diplomovej práce je pomocou programového nástroja so štatistickými údajmi analyzovať finančné dáta na obchodných celosvetových trhoch.

V druhej kapitole je analyzovaný teoretický základ obchodovania s menami. Sú tu vysvetlené základné pojmy v tejto oblasti a základné pravidlá, ktoré sa používajú.

Tretia kapitola obsahuje základné informácie o fungovaní finančného trhu forex a taktiež sú tu spomenuté jednotlivé štatistické metódy, podľa ktorých sa analyzuje spomenutý finančný trh.

V štvrtej kapitole je práca venovaná samotnej implementácii a použitým prostriedkom vo výslednom programe. Sú tu zobrazené aj ukážky aplikácie.

V piatej kapitole sú spomenuté možné rozšírenia systému a návrh ďalšieho vývoja aplikácie.

Diplomová práca priamo nadväzuje na Semestrálny projekt, ktorého spracovanie obsiahlo väčšinu teoretickej časti práce. V rámci semestrálneho projektu bola vykonaná teoretická analýza v kapitole 2, oboznámenie sa s obchodovaním na finančnom trhu forex v kapitole 3 a návrh systému, ktorý bol potom implementovaný.

2 Teoretická analýza

V tejto kapitole je popísaný teoretický základ problematiky vysokofrekvenčného obchodovania. Tieto poznatky využijem neskôr v ďalších kapitolách.

2.1 Vysokofrekvenčné obchodovanie

Hlavný rozdiel oproti nízkofrekvenčnému obchodovaniu je vysoký obrat kapitálu v počítačovo riadených reakciách. Je charakteristické vysokým počtom výmen s menším priemerom menenej hodnoty na jeden obchod. Obchodníci vykonávajú viac obchodov za deň a s minimom otvorených pozícií nechaných cez noc. Stratégia takéhoto typu obchodovania má minimálny súvis s tradičnou dlhotrvajúcou stratégiou, ktorá drží pozíciu dlho. Okrem možného finančného zisku má vysokofrekvenčné obchodovanie nasledovné výhody:

- Zvýšená efektívnosť trhu
- Pridaná likvidita
- Inovácie v informačných technológiách
- Stabilizácia obchodných systémov

Tento typ obchodovania je možné vykonávať 24 hodín denne. Veľa firiem, ktoré sa týmto zaoberajú, sídli v New Yorku, Connecticute, Londýne, Singapúre a v Chicagu. Medzi takéto patria firmy ako Millennium, DE Shaw, Worldquant a Renaissance Technologies. Poznáme 4 druhy stratégií, ktoré sú uvedené v nasledovnej tabuľke:

Stratégia	Popis	Typická doba trvania
Automatické poskytovanie likvidity	Kvantitatívne algoritmy pre optimálne stanovenie ceny a vytváranie pozícií	<1 minúta
Obchodovanie na báze mikroštruktúry trhu	Identifikovanie obchodného partnera pomocou sledovania	<10 minút
Obchodovanie na základe udalostí	Krátkodobé obchodovanie založené na veľkých udalostiach	<1 hodina
Odchýlka arbitráže	Štatistická arbitráž na základe odchýlok: trojuholníkové výmeny, klasické výmeny a výmeny podľa uváženia	<1 deň

Prvý spôsob je založený na veľkom rozsahu dát v priebehu dňa. Na rozdiel od klasických dát, ktoré sú použité s tradičnými investičnými analýzami, dáta majú počas dňa väčší rozptyl a môžu byť neregulárne rozložené. Je potrebné mať k dispozícii nové nástroje a metodológie.

Druhý spôsob je založený na presnosti signálov. Ak sú signály nevyvážené, zisky sa môžu rýchlo obrátiť na stratu, signál musí byť dostatočne presný pre spustenie obchodov v zlomku sekundy.

Tretí spôsob je závislý na rýchlosti vykonania. Jedinou možnosťou, ako toto vykonať, je automatizácia pomocou počítačového softwaru. Avšak toto vyžaduje veľa zručností a chyba sa môže veľmi ľahko prejaviť.[1]

Štvrtý spôsob je najpoužívanejší a závisí na schopnostiach obchodníka a na jeho rozhodnutí. Ide o trojuholníkové výmeny, klasické výmeny a výmeny podľa uváženia.

2.1.1 Vývoj vysokofrekvenčného obchodovania

Pokroky v oblasti výpočtovej techniky sa zamerali na výkon príkazov v obchodovaní a znížili držané pozície potrebné pre investície. Nová investičná disciplína, tzv. vysokofrekvenčné obchodovanie, bola zrodená, keď kvantitatívne simulácie na trhu sa zakladali na veľkých súboroch historických dát.

Medzi mnohými vývojovými trendmi majú najväčší podiel na rozvoji fungovania finančných trhov technologické inovácie. Zatiaľ, čo zavedenie obchodovania s cennými papiermi, ako sú EUR/USD, v roku 1999 narušilo bežné fungovanie trhu na istý čas, technologické zmeny mali jemný, ale trvalý vplyv na trh. Za tie roky sa technológia tak zlepšila, že jej vplyv postupne rozširoval kvalitu finančných analýz, aj rýchlosť komunikácie medzi účastníkmi trhu. Tieto zmeny priniesli na trhy transparentnosť, nižší počet tradičných trhových neefektív a technológie umožnili trhu úplne novú sadu arbitrážnych príležitostí.

Pred mnohými rokmi trhy s cennými papiermi boli prevádzkované v úplne manuálnom móde. Na požiadavku finančnej cenovej ponuky sa klient mal obrátiť na svojho obchodného zástupcu osobne alebo prostredníctvom kuriérov a neskôr prostredníctvom telegrafu alebo telefónu. Predajca išiel v záujme klienta za obchodným zástupcom pešo a žiadal ho o ceny cenných papierov. Obchodník získal informácie o trhu od iných brokerov a o ich výmenách. Tento proces opakoval dovtedy, pokiaľ klient ponuku neprijal. Tento proces bol pomalý, poruchový a finančne náročný.

Tento komunikačný reťazec bol nákladný aj nespoľahlivý. Na ľudské chyby doplácal každý účastník trhu. To trvalo až do roku 1980. Neskôr sa objavili prvé elektronické systémy zaoberajúce sa obchodovaním a boli ihneď ohlasované ako revolučné. Systémy poskytujúce súhrnné údaje o trhu o niekoľkých predajcoch a ich výmenách distribuovali rovnaké množstvo informácií účastníkom trhu. Tieto informácie obsahovali údaje s vopred schválenými úvermi na obchodovanie medzi sebou s najlepšimi dostupnými cenami, ktoré boli zobrazené na systémoch a vytvorili tak spoľahlivé informácie a protokoly transakcií. Prvé elektronické spustenie systému zaviedla New York Stock Exchange (NYSE), keď vytvorila príkazový obrat (DOT). DOT bola prístupná len pre oddelenie

špecialistov v NYSE na uľahčenie prevádzky v rámci NYSE. Systém s vybavením malých objednávok sa spustil v roku 1984 s pomocou firmy Nasdaq.

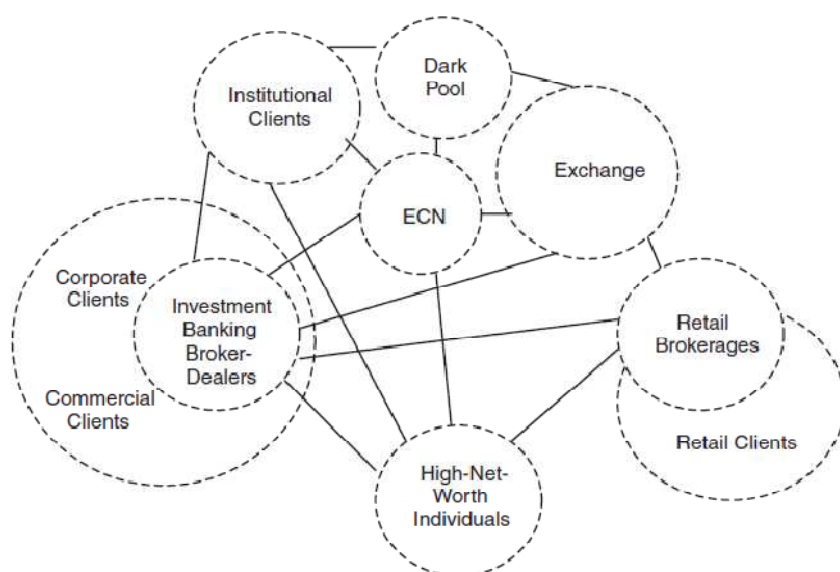
Prvá plne elektronická výmena v USA bola zahájená v roku 2000 newyorskou firmou International Securities Exchange (ISE). V polovici roku 2008 ponúkalo tieto výmeny už sedem firiem: ISE, Chicago Board Options Exchange (CBOE), Boston Options Exchange (BOX), AMEX, NYSE Arca Options a Nasdaq Options Market.

Elektronické obchodovanie vzrástlo z 25 percent objemu obchodov v roku 2001 na 85 percent v roku 2008. Očakávalo sa, že takmer 100 percent obchodovania sa bude vykonávať cez elektronické siete do roku 2010. Technický vývoj výrazne zvýšil denný objem obchodovania. V roku 1923 sa na NYSE obchodovalo s približne 1 miliónom akcií za deň, zatiaľ, čo v roku 2003 sa obchodovalo s približne 1 biliónom akcií, čo predstavuje zvýšenie o 1000-krát.

V nadväznosti na pokroky v oblasti výpočtovej techniky nastal aj rozvoj komunikačných sietí a tým pádom aj obchodných výmen. Styk medzi maklérmi sa postupne prepájal do elektronických komunikačných sietí (ECN), ktoré nahrádzajú tradičné likvidné dohody. ECN využívajú sofistikované algoritmy, ktoré rýchlo prenášajú príkazy a optimálne vyhľadávajú kupujúcich a predávajúcich. V období likvidných dohôd identita obchodníka a jeho príkazov zostávajú v anonymite.

Tzv. ostrov je jedným z najväčších ECN, kde sa obchodovalo s 10-percentným objemom NASDAQ v roku 2002. Na ostrove môžu všetci účastníci trhu zadávať príkazy anonymne. Čím je vyššia likvidita na NASDAQ, tým vyššia je likvidita na ostrove, ale v opačnom prípade to nemusí platiť. Automated Traded Desk (ATD) je príkladom tmavej dohody. Títo účastníci trhu nevidia identitu alebo obchody iných účastníkov. Tento trh je anonymný.

Obrázok 2.1 znázorňuje výslednú distribučnú sieť typickej modernej siete zahŕňajúcu ECN aj anonymné štruktúry. Zvykne sa využívať nasledovné prepojenie.



Obr. 2.1 Obchodná sieť[1]

Stratégia pomocou "Štatistickej arbitráže" sa stala novou hviezdou vo výnosoch. Keď sa rozšírila správa o výkonoch štatistickej arbitráže, jej technika sa stala široko populárna a nasledovali neustále inovácie. Ľudia, ktorí sa držali na vysokých pozíciách, získali najvyššie zisky. Najviditeľnejším aspektom tejto súťaže bola rýchlosť. Ten, kto bol schopný spustiť kvantový model najrýchlejšie, prvý identifikoval neefektívnosti trhu a zachytil najväčší zisk. Na zvýšenie obchodnej rýchlosti sa obchodníci začali spoliehať na rýchle počítače, ktoré vykonávajú obchodné rozhodnutia. Technologický pokrok umožnil výmenám prispôbiť sa novej technologicky - riadenej kultúry a ponúkal pohodlné obchodovanie. Automatizované obchodovanie sa stalo známym ako "systematické obchodovanie" od počítačových systémov, ktoré spracúvali run-time dáta a vykonávali buy-a-sell rozhodnutia.

Vysokofrekvenčné obchodovanie sa vyvinulo v roku 1990 v reakcii na rozvoj v oblasti výpočtovej techniky a nových technológií. Z pôvodného systému sa vyvinul miliardovo - dolárový priemysel. Na zabezpečenie optimálneho vykonávania systematického obchodovania boli navrhnuté algoritmy na realizáciu stratégií tradičných obchodníkov. K tomuto roku termín "algoritmické obchodovanie" sa zvyčajne odkazuje na systematické spustenie procesu, čo znamená optimalizáciu buy-a-sell rozhodnutí. Algoritmické obchodovanie môže určiť, ako možno spracovávať dáta, aby vzhľadom k súčasným trhovým podmienkam určili, či sa vykonáva objednávka agresívne (na cene blízko trhovej ceny), alebo pasívne (na limitnej cene ďaleko od aktuálnej trhovej ceny). Taktiež je možné určiť, či sa obchod uskutoční v jednej transakcii, alebo je výhodnejšie ho rozdeliť na niekoľko menších častí.

Vysokofrekvenčné obchodovanie sa stalo metodikou obchodovania definovanou ako kvantitatívna analýza vložená do počítačových systémov na spracovanie dát a vytváranie obchodných rozhodnutí pri vysokých rýchlostiach a nedržaní dlhodobých pozícií.

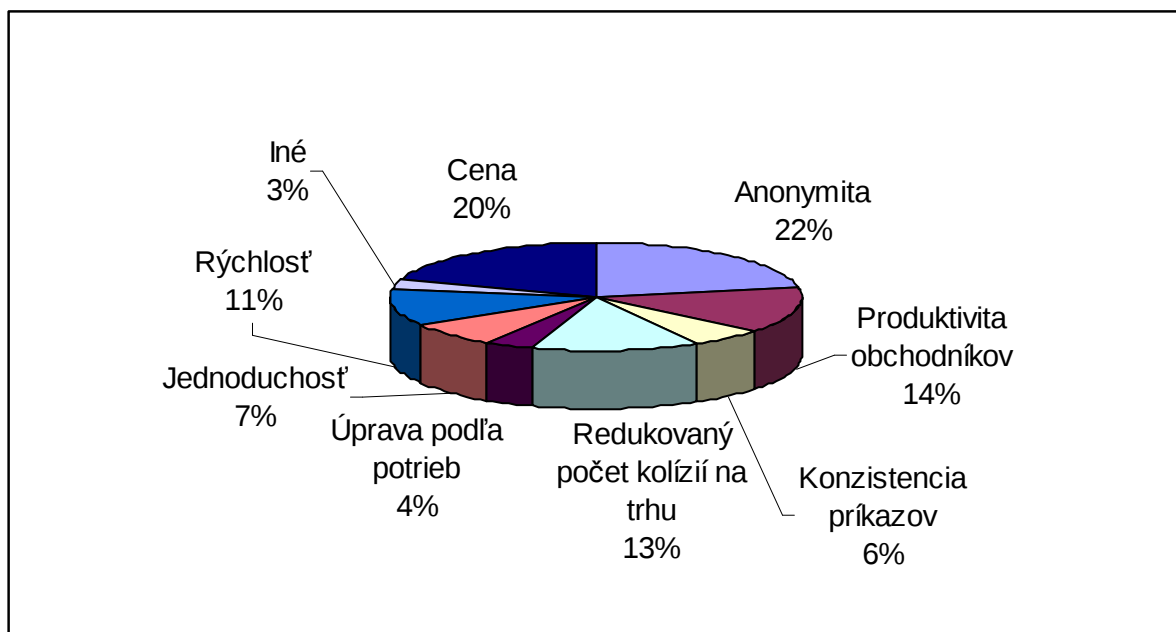
Pokroky v oblasti výpočtovej techniky v posledných desaťročiach umožnili plne automatizované vysokofrekvenčné obchodovanie, zvýšenie ziskovosti a vyvolanie záujmu ohľadom ďalšieho rozširovania technológií. Obchodné oddelenie sa chopilo úspor v nákladoch realizovaných v nahradení drahých obchodníkov ako zamestnancov s menej nákladnými algoritmami obchodovania spolu s ostatnou vyspelou výpočtovou technikou. Bezprostrednosť a presnosť výkonu a menej váhavosti strojov v porovnaní s ľudskými obchodníkmi hralo tiež významnú úlohu v rozhodnutí bánk pre odklon od tradičných obchodných systematických operácií.

Úspešná implementácia vysokofrekvenčného obchodovania si vyžaduje aj špecifické typy algoritmov. Sú to také, ktoré generujú vysokofrekvenčné obchodné signály a algoritmy na optimalizáciu výkonu obchodného rozhodnutia. Algoritmy určené pre generovanie obchodných signálov majú tendenciu byť oveľa komplexnejšie než tie, ktoré sú zamerané na optimalizáciu výkonu.

[1]

Obrázok 2.2 ukazuje prieskum firmy TRADE, ktorý vyjadruje percento dôvodov pre používanie algoritmov v obchodovaní. Okrem už spomínaných faktorov súvisiacich s prijatím algoritmického

obchodovania, ako je produktivita a presnosť obchodníkov, manažéri radi zachovávajú aj anonymitu, ktoré algoritmické obchodovanie umožňuje. Utajené prevedenie umožňuje veľkým investorom skryť ich obchodné zámery od ostatných účastníkov trhu a tým odchýli možnosti na zvýšenie celkovej ziskovosti.



Obr. 2.2 Dôvody používania algoritmov v obchodovaní podľa prieskumu TRADE Annual Algorithmic[1]

Systematické obchodovanie sa odkazuje na počítačovo riadené obchodované pozície, ktoré sa môžu konať za mesiac, za deň, alebo za minútu, a preto môže, ale nemusí byť vysokofrekvenčné. Príkladom systematického obchodovania je počítačový program, ktorý beží denne, týždenne alebo dokonca mesačne, prijíma denné konečné ceny. Výstupom je portfólio generujúce príkazy na nákup alebo predaj.

Skutočné vysokofrekvenčné systémy obchodovania vykonávajú celý rad rozhodnutí, ako aj identifikácie podhodnotených alebo predražených cenných papierov, prostredníctvom optimálnych algoritmov, ktoré sú najviac vhodné na ich realizáciu. Rozlišovacia vlastnosť vysokofrekvenčných obchodovaní je krátkodobé držanie pozície jeden deň alebo aj kratšiu dobu, zvyčajne bez držanej pozície cez noc. Z dôvodu ich schopnosti rýchleho spustenia väčšina vysokofrekvenčných obchodných systémov je plne systematických a nájdeme aj príklady systematického a zároveň algoritmického obchodovania. Nie však všetky systematické a algoritmické obchodovacie platformy sú vysokofrekvenčné.[1]

2.1.2 Prehľad vysokofrekvenčného obchodovania

Kľúčové vlastnosti vysokofrekvenčného obchodovania sú:

- Rýchle spracovanie dát

- Vysoký kapitálový obrat
- Vstupy a výstupy na pozície iba počas dňa
- Algoritmické obchodovanie

Rýchle spracovanie dát a vysoký kapitálový obrat najlepšie vystihujú vysokofrekvenčné obchodovanie. Identifikácia malých zmien v prichádzajúcich dátach indikuje signály na otvorenie a zatvorenie pozície. Samotný pojem "vysokofrekvenčné" sa odkazuje na rýchle vstupy a výstupy z obchodných pozícií, ktoré sa držia nanajvýš jeden deň.

Vstupy a výstupy na pozície iba počas dňa vo vysokofrekvenčnom obchodovaní sú z dôvodu úspory kvôli prevádzkovým nákladom. Uzavretie pozície na konci každého obchodného dňa taktiež znižuje riziko vyplývajúce z pasívnej pozície cez noc.

Napokon algoritmické obchodovanie je nevyhnutnou súčasťou vysokofrekvenčných obchodných platforiem. Neustále vyhodnotenie každého tikú s novými údajmi oddelených milisekundami, spracovanie informácií o trhu a nepretržité vytváranie obchodných rozhodnutí nie je vhodné pre ľudské vnímanie. Cenovo dostupné algoritmy môžu prijímať rýchle, efektívne a niekedy aj bezcitné rozhodnutia, ktoré sú však výhodné. Jeden tik je časový údaj, ktorý obsahuje hodnotu ponuky(bid) a hodnotu dopytu (ask). Tieto tiky prichádzajú neustále za sebou v čase a prinášajú nové hodnoty.

Vysokofrekvenčné obchodovanie je relatívne nový prístup k investovaniu. Je možné ho popísať rôznymi spôsobmi. Technické obchodovanie je na základe technickej analýzy, ktorej cieľom je identifikovať pretrvávajúce zmeny cien podľa vzorcov. Technická analýza môže naznačovať, že cena je príliš vysoká alebo príliš nízka vzhľadom k predošlej trajektórii. Technické obchodovanie potom znamená nákup bezpečných cien, ktoré sú považované za príliš nízke podľa technickej analýzy a predaj zabezpečených cien, ktoré sú považované za príliš vysoké. Technická analýza je použiteľná pri akejkolvek frekvencii a môže byť dokonale vhodná na vysokofrekvenčné obchodné modely.

Fundamentálne obchodovanie je založené na fundamentálnej analýze. Táto analýza vychádza z cenovo rovnovážnych úrovní vychádzajúcich z dostupných informácií a teórie ekonomickej rovnováhy. Rovnako ako u technického obchodovania, fundamentálne obchodovanie tiež znamená nákup bezpečných cien, ktoré boli považované za príliš nízke v pomere k ich analyticky stanoveným základným hodnotám a predaj bezpečných cien, ktoré sú považované za príliš vysoké. Rovnako ako technické obchodovanie, fundamentálne obchodovanie môže byť tiež použité pri akejkolvek frekvencii, aj keď tvorenie ceny alebo mikroštruktúrne účinky môžu v konečnom dôsledku viesť k cenovým anomáliám na ultravysokých frekvenciách.

Význam kvantitatívneho obchodovania spočíva na rozhodnutí o nákupe alebo predaji, ktoré je založené na vedeckých princípoch. Tieto princípy môžu byť na základe fundamentálnej alebo technickej analýzy alebo môžu byť založené na jednoduchých štatistických vzťahoch. Hlavný rozdiel medzi kvantitatívnou analýzou a technickou alebo fundamentálnou je v tom, že kvantitatívna používa

malé alebo žiadne rozhodnutia podľa vlastného uváženia. Fundamentálni analytici môžu vykonať rozhodnutia podľa vlastného uváženia a technickí analytici môžu vidieť rôzne podoby analýz, ktoré sú uvedené v grafoch.[1]

2.2 Elektronická komunikačná sieť

Elektronická komunikačná sieť (ECN) je typ počítačového systému, ktorý uľahčuje obchodovanie finančných produktov mimo búrz. Primárne produkty, ktoré sú obchodované na ECN sú akcie a meny. Prvá ECN, Instinet, bola vytvorená v roku 1969. ECN zvyšuje konkurenciu medzi obchodnými firmami znížením transakčných nákladov, čo umožňuje klientom plný prístup k ich príkazom. ECN sú niekedy označované aj ako alternatívy obchodnej siete ako nástroj na vykonávanie obchodov, kde sa odohráva najviac výmen a príkazov v rámci obchodovania s výmennými kurzami. Na tejto sieti, ak zlyhá technika alebo spadne server, zákazník môže tiež objednávku zariadiť cez telefón.

Ak sa obchoduje na ECN, účastník musí byť priamo zainteresovaný do obchodu alebo musí mať účet u brokera, ktorý poskytuje priamy prístup k obchodovaniu. ECN predplatelia môžu vstúpiť do obchodnej siete cez vlastný počítačový terminál alebo sieťové protokoly. ECN potom spojí účastníkov z oboch strán obchodu, aby mohli vykonať svoje príkazy.

Niektoré ECN môžu ponúkať ďalšie funkcie pre predplatiteľov, ako je napr. prístup k celej "book" ECN, ktorá obsahuje dôležité Real-time trhové údaje o hĺbke obchodných záujmov.

Podobne ako ECN sa taktiež dá obchodovať popri tzv. "retail brokerage", kde skôr obchodujú drobní investori než inštitucionálni.

2.3 Maloobchodné sprostredkovanie

Maklérsstvo, ktoré primárne slúži drobným investorom než inštitucionálnym investorom, je označované ako maloobchodné sprostredkovanie nazývané "retail brokerage". Väčšina maloobchodných maklérskeho firiem má rozsiahlu sieť pobočiek. Registrovaní zástupcovia, ktorí pracujú na trhu takýmto spôsobom, obchodujú priamo s individuálnymi investormi a ponúkajú investičné poradenstvo. Existujú štyri druhy poradenstva v tomto sektore. Národné firmy, poskytujúce plný servis, sú obľúbené u investorov, ktorí žiadajú o pomoc pri finančnom plánovaní. Existujú aj regionálne firmy, ktoré tiež poskytujú plný servis, a dominujú svojou prítomnosťou v určitých geografických trhoch. Ďalšou skupinou sú makléri, ktorí prevádzkujú svoje obchody výlučne online. Títo obchodníci obchodujú často a požadujú nízke ceny. Poslednou skupinou sú obchodníci, ktorí kombinujú svoje obchody pomocou pobočiek s online transakciami. Takíto makléri sú dobrí na poradenstvo pri obchodoch. Využívajú informačné technológie na vybavenie transakcie medzi kupcom a predajcom. Akciové trhy fungujú ako veľká aukcia a jednotlivé obchody prebiehajú v miestach, kde sa ponuky najvyššej a najnižšej ceny pretínajú. Makléri hľadajú najmä tieto ponuky.

Bez nich si musí obchodník hľadať tieto ceny a obchodníkov sám. Pri obchodovaní s takýmito maklérmi je však riziko, že pod vašou identitou budú prevádzkovať svoje obchody.

Rozdiel medzi týmito dvoma spôsobmi obchodovania spočíva v tom, že makléri obchodujú s oboma stranami, zatiaľ čo ECN protistrana obchoduje len s vami. Výhodou je, že pri obchodovaní cez maklérov je možné obchodovať len s malou čiastkou peňazí. Vedia však, aká je stratégia obchodovania, a z každej straty jednej či druhej strany majú zisk. ECN je ako medzibanková sieť. Nerobí sa obchod proti obchodníkovi, takže nie je potrebné manipulovať s cenou. Konsolidujú bankové ponuky a ukážu najlepšie ponuky a dopyty(bid/ask) k dispozícii. Rozpätia (spready) sú menšie, ale musia sa zaplatiť provízie. Ak sa obchoduje denne na ECN, je to lepšie, pretože je oveľa jednoduchšie pre maklérske firmy manipulovať s cenami v krátkodobom horizonte.[12]

3 Finančný trh Forex

V trhovej ekonomike finančný trh predstavuje vrchol ostatných trhov. Neexistuje ekonomický subjekt, ktorý by sa nenachádzal buď na strane ponuky alebo dopytu po niektorom z bohatého množstva finančných nástrojov. Finančný trh môžeme definovať ako trh, na ktorom finanční sprostredkovatelia prostredníctvom finančných nástrojov a mechanizmu zabezpečujú pohyb krátkodobého, strednodobého a dlhodobého kapitálu medzi jednotlivými ekonomickými subjektmi v národnom i medzinárodnom meradle. Medzinárodný finančný trh predstavuje systém nástrojov, inštitúcií a mechanizmu, prostredníctvom ktorého dochádza k pohybu krátkodobého a dlhodobého peňažného kapitálu v medzinárodnom meradle. Medzinárodný finančný trh umožňuje zvýšený tok vzácných peňažných prostriedkov smerom k ich najproduktívnejšiemu využitiu. Vďaka globalizácii finančných trhov sa objem kapitálových pohybov po celom svete ustavične zvyšuje, čo umožňuje rast produktivity jednotlivých firiem krajín, regiónov a vedie to v konečnom dôsledku k ekonomickému rastu v medzinárodnom meradle.[16]

Forex, čiže foreign exchanges, označovaný tiež ako Medzinárodný devízový trh, označuje obchodovanie s cudzími menami. Na úvod treba povedať, že Forex vlastne nie je burzovým trhom v pravom slova zmysle. Forex je zjednodušene celosvetová sieť, ktorá je prepojená najmodernejšími prostriedkami komunikácie. Ide o systém, ktorý vzájomne prepája banky, poisťovne, investičné fondy a brokerské spoločnosti, ktoré združujú individuálnych investorov. Ich spoločným prvkom je využívanie mechanizmov, ktoré umožňujú zhodnotiť investície v závislosti na pohyboch predmetu forexového obchodu - meny. Forexový obchodník je teda taký obchodník, ktorý sa rozhodne zarábať na pohyboch konkrétnych mien, resp. vzájomných kurzov medzi menami.[10].

Forex je medzibankový trh a taktiež aj cezhraničný trh, kde sa obchoduje 24 hodín denne a 7 dní v týždni. Jadrom sú centrálné banky, komerčné banky a investičné banky. O cenách na zahraničných devízových trhoch rozhodujú do značnej miery medzibankoví účastníci. Je to najväčší a najlikvidnejší trh na planéte s denným objemom obchodov približne 1,9 biliónov dolárov. Medzi hlavné meny, s ktorými sa najčastejšie obchoduje, patria USD - Americký dolár, EUR - Euro, GBP - Britská libra, JPY - Japonský jen, CHF - Švajčiarsky frank, CAD - Kanadský dolár, AUD - Austrálsky dolár a medzi hlavné menové zmeny patria EUR/USD, GBP/USD, USD/CHF, USD/JPY, USD/CAD, AUD/USD. Obchodovanie s týmito menami zahŕňa nákup alebo predaj. Výmenou pri jednotlivých pároch sa neotočia hodnoty nákupu a predaja, ale sa hodnoty prepočítajú pomocou inverznej funkcie. Na tomto trhu sa obchoduje ihneď. Najviac výmen sa realizuje v Londýne. Forex je veľmi obľúbený z viacerých dôvodov:

- Masívna likvidita (dostať sa do a z pozície) je bezproblémová
- Platí sa iba za rozpätie
- Žiadne prekážky pri obchodovaní

3.1.1 História Forexu

V minulosti bola takmer každá mena viazaná s nejakou fyzickou komoditou. Najviac používanými boli kovy a obzvlášť potom striebro a zlato, z ktorých bývali najrôznejšie meny ako platidlá tvorené napr. zlatky, strieborné a pod. Striebro dokonca v minulosti predstavovalo takmer všetok obeh kovových peňazí v Európe a to platilo aj v Ázii takmer do konca 19. storočia. Zlato bolo používané ďaleko menej, najmä neskôr pre transakcie veľký hodnôt. Meny sa menili pomocou výmenného kurzu medzi striebrom a zlatom. Ten bol väčšinou ponechaný voľnému trhu a niekedy určený úradmi. Ak bol určený zákonný pomer, musel nevyhnutne vzniknúť tzv. bimetalický systém, za ktorého existencie bola autorizovaná mincovňa pripravená na požiadanie komukoľvek zameniť striebro alebo zlato za mince v určenej nominálnej hodnote a v určenej váhe a rýdzosti. Takto teda vyzerali meny a ich vzájomné výmeny až do 19. storočia.

V sedemdesiatych rokoch 19. storočia nastáva prakticky v celom svete, vrátane Spojených štátov amerických, pozvoľný presun k takzvanému monometalickému zlatému štandardu, t.j. štandardu, pri ktorom je len cena zlata zákonne stanovená. Zlato sa teda stáva hlavným cenným kovom, ktorý slúži na krytie hodnoty jednotlivých mien a ktoré zároveň slúži ako hlavné vodítko pre výmeny jednotlivých mien. Výrazné oslabenie významu väzby zlata a peňazí sa však dostáva po I. svetovej vojne, a to vďaka tzv. Štandardu zlatej devízy, ktorého náplňou bol záväzok vlády vymeniť jej peniaze buď za zlato alebo cudziu menu, ktorá je zameniteľná za zlato. V tento moment teda dostáva výmena jednotlivých mien nový rozmer - už nie je potrebné meniť cenu priamo za zlato, je možné meniť jednu menu za inú, ak je takáto mena zameniteľná za zlato. Toto je výrazný posun k zmene mien tak, ako ho poznáme dnes.

Ďalšie oslabenie úlohy zlata pri výmene jednotlivých mien sa deje ku koncu II. svetovej vojny pri tzv. Bretton-Woodskej dohode (zakladajúca Medzinárodný menový fond). Táto dohoda požaduje konvertibilitu mien za zlato iba pre USA a len pre vonkajšie účely. Podľa pôvodných článkov dohody bol medzinárodný menový systém založený na relatívne pevnej parite mien členských krajín navzájom, pričom garantom celého systému bol americký dolár definovaný svojim zlatým obsahom. Ide teda o ďalší výrazný krok k vzájomnej výmene mien jednotlivých štátov tak, ako funguje dnes. Dohoda znamenala mimochodom koniec nadvlády britskej libry a novodobý počiatok nástupu amerického dolára. Neskôr v decembri 1945 články Bretton-Woodskej dohody podpísalo 29 vlád, vrátane vtedajšej vlády československej, čím dokument vstúpil do platnosti. Československo neskôr z fondu vystúpilo a znova sa stalo jeho členom až v roku 1990.

Úplne posledná väzba medzi zlatom a menou bola potom úplne prerušená prezidentom Richardom Nixonom, známym a spájaným skôr s vojnou vo Vietname a aférou Watergate, a to 15. augusta 1971. Prezident Nixon odmietol plniť americký záväzok, vyplývajúci z dohody o Medzinárodnom menovom fonde, predávať zlato cudzím centrálnym bankám za 35 dolárov za uncu, hoci mal dolár v tej dobe inú hodnotu. Terajšia cena zlata sa pohybuje niekde asi 420 USD za trójsku

uncu. Súviselo to jednak s celkovým ekonomickým vývojom vo svete, jednak s posunom teoretického myslenia od prevládajúceho keynesovho modelu k monetárnej doktríne a s jeho ustálením v ekonómii, ktorá sa snažila vybrať z oboch modelov to najlepšie a zlučiteľné. Akcia prezidenta Nixona bola ešte urýchlená vlnou inflácie, ku ktorej došlo v USA v 60. rokoch 20. storočia. Odvtedy teda každá väčšia krajina prijala nezmeniteľný papierový štandard ako systém, ktorý je považovaný naďalej za systém trvalý. Tak teda vznikol systém výmen jednotlivých mien tak, ako ho poznáme dnes.

Samotný trh Forex (správnejšie International Interbank Foreign Exchange) bol založený v roku 1971 a začal fungovať na báze pevných devízových kurzov jednotlivých mien. Prvými účastníkmi trhu (obchodníkmi s cudzími menami) sa stali centrálné banky, nadnárodné bankové domy a významné investičné spoločnosti. Avšak napriek tomu svetu naďalej chýbala potrebná dôvera voči americkému doláru. Tento postoj viedol k fiškálnej nezodpovednosti jednotlivých štátov a mnoho krajín, najmä Švajčiarsko a Spolková republika Nemecko, bolo zahltených sumami amerických dolárov. 1.3.1973 bol tento trh z dôvodu nadmerného zbavovania sa amerického dolára oficiálne uzavretý všeobecnou dohodou medzi hlavnými účastníkmi trhu - jednotlivými národmi. Systém pevných devízových kurzov sa skrátka zrútil. Začala tým ale nová éra medzinárodného devízového trhu (a tým aj Forexu) v dnešnej podobe.[10]

Od roku 1990 investičné banky boli schopné získať prístup k brokerským sieťam. V súčasnej dobe miesto a výmena devízových prostriedkov tvoria tento decentralizovaný a neregulovaný mechanizmus. Decentralizované obchodovanie s cudzou menou má dva hlavné dôsledky a to absenciu určenej ceny a absenciu výšky výmen.

Absencia jednotne pevnej danej ceny v danom okamihu je priamym dôsledkom decentralizácie. Obchodníci prijímajú rôzne informácie a ceny. Toto je možné v súčasnosti využiť ako arbitrážnu príležitosť u vysokofrekvenčného obchodovania. Ďalším dôsledkom decentralizácie je, že obchod s neurčenou veľkosťou objemu v danej dobe v cudzej mene sa nedá zrealizovať. Na tomto trhu sú tri typy hráčov s odlišnými cieľmi: vysokofrekvenční obchodníci, dlhodobí investori a korporácie. Hlavným cieľom vysokofrekvenčných obchodníkov je zachytiť malé zmeny cien počas dňa. Hlavným cieľom dlhodobých investorov je získať zisk z globálnych zmien. Napokon, hlavným cieľom podnikových manažérov v korporáciách je zvyčajne zaistovanie cezhraničných tokov proti nepriaznivým pohybom mien. Napríklad kanadská firma predávajúca v Spojených štátoch sa môže rozhodnúť, že spraví výmenu medzi USD / CAN. [1]

Až do nedávnej minulosti bol medzinárodný menový trh pre širokú obec investorov, obchodníkov a predovšetkým pre rad individuálnych záujemcov finančne nedostupný. Minimálne finančné nároky si totiž priemerní investori nemohli dovoliť. Forex tak bol trh prakticky pre obyčajných obchodníkov nedostupný. Avšak situácia sa dramaticky zmenila. Celosvetové politické a hospodárske zmeny dali možnosť vzniku novým účastníkom trhu, ktorí sa regrutujú zo sekundárnych bánk, poisťovní, finančných spoločností a brokerských spoločností, a ktorí vďaka marginovému (zálohovému) obchodovaniu na princípe leverage (páky) sprístupnili trh aj ostatným investorom.

Tento podiel menších účastníkov trhu (drobných individuálnych špekulantov) sa značne rozšíril na prelome tisícročia a naďalej rastie. Obrovskú zásluhu na tomto fakte má predovšetkým rozvoj informačných technológií a globalizácia trhov.[1] Denné obraty sa pohybujú okolo 1,9 bilióna USD a v niektorých dňoch výrazne presahujú aj hranicu 2,2 bilióna USD. [11]

Cesta k forexovým trhom tak, ako ich poznáme dnes, nebola teda ľahká a znamenala dlhý vývoj v histórii mien a spôsobe ich vzájomných výmen. Dnes je však trh s medzinárodnými menami jeden z najlikvidnejších trhov na svete a teší sa čím ďalej, tým viac širšej pozornosti a obľube.

3.1.2 Obchodovanie na trhu Forex

V tejto časti sú rozoberané pojmy, ktoré sú dôležité pri obchodovaní na tomto trhu a priamo alebo nepriamo ovplyvňujú stratu alebo zisk zúčastnených.

Rozpätie (Spread)

Rozpätie - je to rozdiel medzi nákupnou a predajnou cenou. Podobne, ako keď sa kupuje euro alebo dolár v banke alebo v zmenárni, tak na tabuli sú uvedené nákupné a predajné ceny a rozdiel medzi týmito cenami (čo je profit banky alebo zmenárni) tvorí vyššie uvedené rozpätie. To je u jednotlivých brokerov väčšinou pevne dané a predovšetkým na rozpätí spoločnosti profitujú. Vo Forexe platí jedna všeobecná zásada - rozpätie je priamo úmerné likvidite meny. Preto pre najviac obchodované páry EUR/USD a USD/JPY platí, že majú nízke rozpätia, lebo ich likvidita (záujem o kúpu alebo predaj) je vysoká. Oproti tomu horšie likvidné menové páry majú vysoké rozpätie. Napr. britská libra (GBP) a švajčiarsky frank (CHF) sú pomerne likvidné dielčie meny, ale rozpätie u menového GBP/CHF je 10-12 bodov. Tento pár nie je významne obchodovaný. Rozpätie má na Forexi pre investora kľúčový význam. Významne sa podieľa na obchodníkovom zisku alebo strate. Preto každý investor volí brokera, ktorý ponúka najmenšie rozpätia. U vyššie uvedených hlavných menových párov, teda EUR/USD a USD/JPY, je obvyklé rozpätie pri väčších brokerských spoločnostiach 3 body. Ďalšie veľmi likvidné páry ako GBP/USD, USD/CHF, EUR/JPY, USD/CAD a AUD/USD majú obvykle rozpätia medzi 4 - 5 bodmi. Jeden bod (niekedy označovaný ako pips alebo point) je matematicky 0,0001 nejakej jednotky. Ak je kurz napr. EUR/USD 1,2340, potom kurz 1,2339 je o jeden bod nižší a napr. kurz 1,2343 o tri body vyšší.[9]

Ponuka / dopyt (Bid / Ask)

Už skôr bolo spomenuté, že štandardnou jednotkou obchodovanou na trhu Forex je bod. Hodnota každého bodu je vyjadrená číslom 100 000 (sto tisíc). Napr. u páru EUR/USD kupujete (predávate) 100 tisíc EUR, u GBP/USD 100 tisíc libier atď. Prvá uvedená mena páru sa kupuje (Buy) alebo predáva (Sell). Druhá mena sa v opačnej pozícii predáva alebo kupuje. Hovorí sa tomu ponuka (bid), t.j. požiadavka v zmysle nákupu, a dopyt(ask), t.j. ponuka v zmysle predaja.[9]

Obchodník môže zadať limitné zákazky kedykoľvek, ak je rozpätie medzi ponukou a dopytom vysoké. Toto rozpätie môže byť vyššie ako výnosy z bezvýkonových objednávok pri vstupných pozíciách, ktoré sú ako limitné príkazy. Pri týchto limitných príkazoch je častejšie vyššie rozpätie ako pri tržných veľkých obchodoch. Podiel zadávania obchodov sa taktiež zvyšuje s väčším rozpätím medzi ponukou a dopytom.[1]

Poplatky

Poplatky - Pred štyrmi - piatimi rokmi boli poplatky pri obchodovaní na Forexi považované za nutné zlo, s ktorými sa musel individuálny investor vysporiadať, a hlavne si na ne zarobiť. Teraz všetky skutočne renomované brokerské spoločnosti obchodujú zásadne bez poplatkov pri rozpätiach, ktoré boli uvedené vyššie. Poplatky v rôznej výške si účtujú väčšinou už len sprostredkovatelia. Buď tak, že sú poplatky tajne premietnuté do rozpätia (firma ponúkne napr. rozpätie na EUR/USD 5 bodov a napr. na pár EUR/JPY 6 bodov), alebo majú stanovenú pevnú čiastku za 1 bod v rozsahu od 3 do 35 USD. Tento postup znamená, že pri vyššom rozpätí, než je obvyklé, idú navýšené rozpätia na účet sprostredkovateľov, rovnako ako pevné čiastky za bod. Rôzne poplatky, a hlavne ich výšku, zdôvodňujú samotní sprostredkovatelia najčastejšie kvalitným servisom, „zaručeným“ zárobkom klienta, softwarovou podporou a analýzami trhu zdarma, posielaním mailových správ o trhu atď. Pritom všetky tieto informácie a údaje sú bežne dostupné na serveroch každej solídnej brokerskej spoločnosti a veľakrát ešte ďaleko viac.[9] Preto je lepšie, ak sa vyberá broker, ktorý si poplatky neúčtuje.

Príkazy

Broker si môže nastaviť určité limity, ktoré mu indikujú, že daný obchod je výhodný resp. nevýhodný. Existujú dva druhy príkazov. Prvý je STOP order, ktorý znamená príkaz na kúpu alebo predaj, keď jeho cena prevyšuje určité miesto. Zaisť sa tak väčšia pravdepodobnosť dosiahnutia vopred vstupnej alebo výstupnej ceny, čo obmedzuje stratu investora. Akonáhle cena prevyšuje tento limit, stop príkaz dáva pokyn na vykonanie obchodu. Druhý príkaz je LIMIT order, ktorý znamená príkaz k nákupu alebo predaju určitého počtu za stanovenú cenu alebo za lepšiu. Limit order umožní investorovi obmedziť dobu obchodovania. Ak táto doba vyprší, obchod sa môže po jej prekročení zrušiť.

Kniha (Book)

Kniha je brokerov sumár všetkých cien ponúk a dopytov. Najvyššia ponuka a najnižší dopyt sa potom zapíšu na tzv. top of book. Tieto ceny sa neustále prepisujú a sú to najlepšie ceny, s ktorými sa obchoduje.

3.2 Rozpätie

Na niektorých burzách hrajú dôležitú úlohu brokeri, ktorí obchodujú s rôznymi cenami. Poskytujú rôzny záujem o kúpu alebo predaj tým, že sú kedykoľvek pripravení na realizáciu takéhoto obchodu, ak hocikto má oň záujem. Likviditou sa myslí schopnosť predat' alebo kúpiť veľké množstvo peňazí tej či onej meny rýchlo a anonymne. Ako odmenu si obchodníci pripisujú monopolné práva na zmenu ceny ponuky alebo dopytu (bid/ask). Nakupujú na cene ponuky (bid price) P_b a predávajú za vyššiu cenu dopytu (ask price) P_a . Rozdiel medzi $P_a - P_b$ sa nazýva rozpätie (spread), čo je primárny zdroj kompenzácie medzi obchodníkmi na trhu. Väčšinou je toto rozpätie malé a pohybuje sa medzi jedným až tromi bodmi.

Existencia tohto rozpätia, hoci aj v malej miere, má veľa dôsledkov pri vlastnostiach návratností v časových radách. Pomocou modelu Roll by mala byť na predpokladané uspokojenie stanovená cena na trhu podľa nasledovného vzťahu

$$P_t = P_t^* + I_t \frac{S}{2}$$

kde $S = P_a - P_b$ je rozpätie medzi ponukou a dopytom, P_t^* je čas fundamentálnej hodnoty aktíva a I_t je sekvencia nezávislých binárnych náhodných premenných s rovnakými pravdepodobnosťami. I_t môže byť interpretovaný ako indikátor poradia, I znamená inicializáciu nákupu a $-I$ predajnú inicializáciu. Alternatívne môže byť model napísaný ako

$$P_t = P_t^* + \begin{cases} +\frac{S}{2} \text{ s pravdepodobnosťou } 0.5 \\ -\frac{S}{2} \text{ s pravdepodobnosťou } 0.5 \end{cases}$$

Ak nie je žiadna zmena v P_t^* , potom je možné pozorovať proces zmeny

$$\Delta P_t = (I_t - I_{t-1}) \frac{S}{2}.$$

Predpokladajme, že základná cena P_t^* je rovnaká ako $(P_a + P_b) / 2$. Potom pre P_t môžeme predpokladať hodnotu ceny P_a alebo P_b . Ak predchádzajúca pozorovaná cena je P_a , potom nasledujúca skúmaná cena je buď nezmenená, alebo menšia ako P_b . Potom ΔP_t je nulová alebo rovná S . Pri rozpätí nastáva negatívny efekt, ak $S = P_a - P_b > 0$. Je to zaujímavý prípad pre finančné štúdie. [14]

3.3 Arbitrážne príležitosti

Pod pojmom arbitráž rozumieme nákup alebo predaj určitých prostriedkov a súčasne výmenu týchto prostriedkov opačným spôsobom s cieľom využiť malé cenové rozdiely medzi trhmi. V praxi je to využitie výhody rozdielu cien medzi dvoma alebo viacerými cenami na trhoch. Použitie kombinácii ponuky nákupu a predaja, ktoré sa využívajú pri cenovej nerovnováhe, môže znamenať zisk pri rozdieli medzi trhovými cenami. Medzi akademikmi znamená arbitráž transakciu, ktorá nezahŕňa

negatívny cenový zisk v žiadnom stave a pozitívny cenový zisk v aspoň jednom stave. V jednoduchých termínoch sa to dá nazvať možnosť zisku pri žiadnom riziku a pri nulových nákladoch.

V bežnom používaní arbitráže, ako je napr. štatistická arbitráž, sa môže očakávať zisk, ale môžu taktiež nastať aj straty. V praxi existuje vždy určité riziko v arbitráži, niektoré menšie (napr. ako kolísanie cien klesajúcej ziskovej marže), niektoré väčšie (ako devalvácia meny). Existuje viacero druhov arbitráží. Patria medzi ne:

- spojená arbitráž
- arbitráž dlhopisov
- arbitráž depozitov
- regulačná arbitráž
- telekomunikačná arbitráž
- arbitráž založená na udalostiach
- štatistická arbitráž

Arbitrážna príležitosť prináša, ak je to možné, bezrizikový zisk. V ideálnom finančnom trhu, v ktorom všetci investori disponujú rovnakým počtom informácií a v ktorom všetci investori môžu reagovať okamžite, by nemalo dochádzať k arbitrážnej príležitosti. Inak by sa každý investor snažil realizovať bezrizikový zisk okamžite. Výsledné operácie by zmenili ceny príslušných finančných nástrojov tak, aby arbitrážna príležitosť zmizla. Predpokladom dokonalého finančného trhu je dostatočné určenie hodnoty budúcich obchodov a rovnako aj niektoré určenie cien v týchto obchodoch. Predovšetkým nie sú potrebné žiadne matematické modely a finančné nástroje. Aby však bolo možné určiť hodnotu ceny, je potrebné mať viac než len ekonomické predpoklady. Podrobné matematické modelovanie sa stáva nevyhnutnou záležitosťou. Každý matematický prístup však musí byť v súlade s určitými základnými arbitrážnymi vzťahmi.[2]

Vysokofrekvenčné dáta otvárajú úplne nové oblasti prieskumu a niektoré správanie týchto dát nemôže byť pozorované na nižších frekvenciách. Celková štatistika o celkovom správaní údajov, nazývaná ako známe fakty, pomáha hľadať zvláštnosti vysokofrekvenčných dát. Finančné údaje sú obvykle analyzované pomocou odoziev. Odozva (return) je rozdiel medzi dvoma po sebe idúcimi cenami a je normalizovaný podľa skorších úrovní ceny.[1]

3.3.1 Štatistická arbitráž

Táto metóda sa stala sa viac dômyselnejšia a sofistikovanejšia pri pokroku modernej techniky, ale ráta aj s rozumným nakladaním prostriedkov. Termín štatistická arbitráž (stat-arb) bol prvýkrát používaný v roku 1990. Metódy štatistickej arbitráže siahajú od prvého systému obchodovania s výmennými pármami od starých modelov až po náročné, dynamické, nelineárne modely, používajúce techniky vrátane neurónových sietí, vlniek, fraktálov. Neskorší vývoj sa už skladal z kombinácie obchodných

skúseností, ďalších empirických pozorovaní, experimentálnych analýz a teoretického nahliadnutia od inžinierstva a fyziky.[3]

Táto technika je moderná a podobná stratégii technickej analýzy, ktorá využíva maximálnu výšku a hĺbku, a v danom okamihu vynesie dve štandardné odchýlky okolo jednoduchého kľzavého priemeru ceny. Napriek nedávnej veľkej popularite tejto stratégie, prevláda veľa mylných predstáv o tejto technike. Vo svojej podstate štatistická arbitráž spočíva priamo v dolovaní dát. Analytici preosievajú veľké objemy historických dát s cieľom identifikácie všadeprítomných štatistických vzťahov. Kritickým bodom v procese identifikácie je to, že vzťah má mať aspoň 90 percent štatistickej spoľahlivosti. 90 percent je najnižší prijateľný prah dôveryhodnosti.

Akonáhle je detekovaný významný štatistický vzťah, model štatistickej arbitráže obchodovania je postavený na nasledujúcom predpoklade: ak v ktoromkoľvek okamihu je porušený štatistický vzťah, znamená to vrátenie jeho prirodzenej historickej úrovne a obchod by mal byť realizovaný tzv. vracajúcim sa smerom.

Stupeň porušenia historického vzťahu je možné merať podľa počtu štandardných odchýlok vzťahu vzdialených od historického priemeru hodnôt, ktoré charakterizujú vzťah. Napríklad cenová hladina USD/ CAD stúpne od odchýlky dvoch alebo viacerých štandardných bodov nad jej priemerné historické ceny, napr. s hodnotou USD/CHF v krátkom časovom období, stratégia štatistickej arbitráže predpokladá, že možno nastane neobvykle veľký pohyb USD/CAD. Tým pádom obchodné stratégie nariaďujú vstup do krátkych pozícií v USD/CAD. Ak sa takto obchoduje, stratégia zachytáva zisk. Inak stratégia dosiahla stratu.

Najbežnejšie stratégie štatistickej arbitráže, ktoré sa vykonávajú len na základe štatistických vzťahov, produkujú reálne výsledky, ale tieto vzťahy môžu byť často len náhodné alebo sfaľované. Klasickým príkladom takéhoto podvrhnutého vzťahu je rozvoj firmy v čase. Všetky verejne obchodované firmy rastú s časom a zároveň vzťah produkuje vysoko významné štatistické závislosti. Je však ťažké predpovedať budúce hodnoty akcií.

Vysokofrekvenčná štatistická arbitráž na základe ekonomických modelov predpokladá dlhšiu trvácnosť, pretože je založená na pevných ekonomických princípoch. Stratégie štatistickej arbitráže ukazujú odchýlky v ekonomických rovniciach a môžu byť použité fundamentálne modely arbitráže v tom, že sa využívajú odchýlky zo základných ekonomických princípov.

Spoločnosti, ktoré ovplyvňujú trh, môžu patriť do rovnakého sektoru, a preto sa musí reagovať na zmeny v celom širokom trhu. Ceny sa líšia v každom okamihu a nemajú pevne stanovenú hodnotu. Taktiež podľa štatistickej arbitráže môže byť obchod uzavretý pre jednu stranu výhodne, pre druhú menej a v praxi to môže byť naopak.

Devízové trhy majú radu klasických modelov, ktoré sa využívajú. Aplikujú sa modely trojuholníkovej arbitráže a modely nekrytej úrokovej parity. Ostatné základné devízové modely, ako je napríklad model flexibilnej menovej ceny, model lepkavej menovej ceny a model portfólia, môžu byť použité na ziskové obchody v štatistickej arbitráži.

Trojuholníková arbitráž využíva dočasné odchýlky z cien v troch devízových krížoch, napr. $EUR/CAD_{predaj} = EUR/USD_{predaj\ trhu} \times ponuka\ trhu\ USD/CAD_{predaj\ trhu}$ alebo $EUR/CAD_{nakup} = EUR/USD_{nakup\ trhu} \times ponuka\ trhu\ USD/CAD_{nakup\ trhu}$. Ak je na trhu požiadavka EUR/CAD a je nižšia, než vlastná ponuka pre EUR/CAD, stratégia určuje nakúpiť na trhu EUR/CAD, predat' vlastné EUR/CAD, čakať na rozdielne ceny trhu a potom zachytávať zisk. Rozdiely medzi trhovou a vlastnou ponukou by mali byť dostatočne vysoké, mali by prekonať aspoň dve rozpätia - na EUR/USD a na USD/CAD. Cena USD by mala byť použitá v rovnakom čase. Dokonca aj malé meškanie o jednu sekundu môže tento výsledok výrazne narušiť. Nastáva to v malom okamihu pri nepozorovaných obchodoch, ktoré ovplyvňujú ceny v pozadí.

Nekrytá úroková arbitráž, ktorá najlepšie predpokladá zmeny výmenných kurzov cudzích mien, sa riadi pomocou nasledovného vzorca :

$$1 + i_t = (1 + i_t^*) [S_{t+1}] / S_t$$

kde i_t je jedna perióda úrokovej miery na domácich depozitných trhoch, i_t^* znamená jednu periódu úrokovej miery na domácich depozitných trhoch vyjadrenú v cudzej mene a S_t je časť ceny na forexe jednej jednotky v zahraničnej mene vyjadrenej v jednotkách domácej meny. Napr. ak domáca mena je USD a zahraničná je CHF, dostávame nasledovný vzťah:

$$1 + i_{t, USD} = (1 + i_{t, CHF}^*) [S_{t+1, CHF/USD}] / S_{t, CHF/USD}$$

[1]

3.4 Fundamentálna analýza

Fundamentálna analýza sa snaží predpovedať, akým spôsobom ovplyvňujú pohyby kurzu (akcií, komodít alebo meny) ekonomické a hospodárske dáta, politické a celospoločenské situácie. Postup prognózy sa odohráva štandardne v troch krokoch :

1. Globálna analýza - skúma hlavne celkovú hospodársku situáciu
2. Analýza konkrétneho subjektu - skúma hodnotu akcie, komodity alebo meny
3. Oborová analýza - skúma tendencie vývoja daného úseku

Pre základy fundamentálnej analýzy nám stačí použiť prvé dva kroky. Tieto dva kroky sa však navzájom prekrývajú. Najdôležitejšie ukazovatele, ktoré ovplyvňujú trhy Forex, sú:

- *Úrokové sadzby* - zmeny úrokových sadzieb sú veľmi dôležitým faktorom na FX trhu. Rastom úrokových sadzieb rastie aj nominálne úrokové zhodnotenie relatívne bezpečnejších investícií napr. do obligácií, termínovaných vkladov a dlhopisov. Tým sa však znižuje ponuka akcií.

- *HDP (Hrubý domáci produkt)* - ekonomická teória tvrdí, že vývoj predovšetkým na komoditných a akciových trhoch predbieha vývoj ekonomiky asi o pol roka. Dôvodom je politika investorov, ktorí dokážu po analýzach predvídať rast HDP. Tým sa spätne ovplyvňuje aj rast HDP, pretože kvôli rastu trhu stúpa aj reálny majetok investorov a akcionárov, ktorí sa stávajú bohatšími a začínajú viac investovať (alebo aj utrácať), čím rastie ponuka a následne aj samostatný HDP.
- *Fiškálna politika* - existencia daní a štátnej byrokracie ovplyvňuje Forex trhy menej než akciové trhy. Dane firmám znižujú zisky, tým aj schopnosť vyplácať dividendy a obmedzujú ďalej rastové možnosti firmy v investíciách – stávajú sa pre investorov neatraktívne. Pokiaľ sa teda zvýšia určité daňové sadzby, Forex aj komoditné trhy na to reagujú oveľa menej než akciový trh.
- *Monetárna politika* - zmena ponuky peňazí v ekonomike je taktiež dôležitým faktorom fundamentálnej analýzy. Rast ponuky peňazí vďaka efektu vyššej likvidity má podstatný, ale nepriamy vplyv na Forex trhy, avšak priamy vplyv na rast akciových kurzov. Tomu napomáha aj fakt, že s rastom peňažnej ponuky sú úrokové sadzby nižšie než pri reštriktívnej menovej politike.
- *Inflácia* - pri stabilnej ekonomickej situácii má inflácia na devízové trhy silne negatívny vplyv na rozdiel od akcií, keď akcie sú podložené reálnym majetkom, ktorý infláciou stráca svoju hodnotu len minimálne. Ak však inflácia neočakávane rastie, ekonomická neistota zasiahne celý trh, vrátane akciového trhu, a tým aj relatívne znehodnotia dané akcie.
- *Markantné politické a ekonomické výkyvy (šoky)* - majú na ekonomiku vrátane Forex trhu silne negatívny vplyv z dôvodu destabilizácie ekonomickej aj celospoločenskej situácie. Tieto výkyvy môžu ekonomiku uvrhnúť do dlhodobej recesie. Medzi politicky najvýznamnejšie šoky posledných desaťročí sa radí vojna v Perzskom zálive 1991-1992, vojna na Balkáne 1992-2000, teroristický útok na New York aj nedávna vojna a zvrhnutie režimu v Iraku. Medzi ekonomické výkyvy potom radíme predovšetkým ropnú krízu v roku 1973 a podobne aj v roku 1979. Okrem týchto hlavných aspektov tvoria fundamentálnu globálnu analýzu aj ďalšie vedľajšie fragmenty. Súhrn hlavných aj vedľajších aspektov globálnej analýzy je kumulovaný na Forex trhu do očakávaných udalostí, ktorý prezentuje tzv. Ekonomický kalendár, ktorý je v týždennej perióde zverejnený na všetkých významných finančných a ekonomických serveroch. Celoročne obsahuje tento kalendár všetky očakávané udalosti, ktoré významne ovplyvňujú a vlastne aj riadia Forex trhy vrátane základných dát, ktoré slúžia ako návod na rozhodnutia.[8]

3.5 Technická analýza

Technická analýza je výskum dynamiky trhu pomocou štatistiky, tabuliek, grafov, indikátorov atď. za účelom určenia trendu vývoja cien. Technická analýza sa skladá z niekoľkých prístupov a pohľadov na vývoj cenových pohybov, ktoré sú len vzájomným prepojením schopné objektívne hodnotiť minulosť. Skladá sa z vyhodnocovania smerov a trendov, prieskumom a vyhodnotením grafov, skúmaní rôznych indikátorov. Najdôležitejším predpokladom na technickú analýzu sú všetky faktory postihujúce pohyb trhu. Podstata spočíva v tom, že každý faktor, ktorý ovplyvní cenu, či už ekonomický, politický alebo aj iný, bral už trh do úvahy a bol premietnutý do cenového grafu. Každá zmena ceny je zvyčajne sprevádzaná zmenou v externých faktoroch, a teda aj nevyhnutnosťou sledovania cenových pohybov a ich následnej analýzy. Cenový pohyb ako bezprostredný výsledok trendu má dva dôsledky. Prvý naznačuje, že aktuálny trend bude pokračovať a neobráti sa do opačného smeru a vylúči tak markantný chaotický pohyb, a druhý predpokladá to, že aktuálny trend bude pokračovať až do doby nástupu opačného trendu. Vývoj a stav trhu sa veľakrát opakuje, aj keď zakaždým trochu inak. Indikátorov, založených na štatistike alebo na grafoch, sú dnes stovky.

3.6 Štatistické metódy

Jednotlivé štatistické metódy popisujú vývoj cien výmenných párov na trhu. Podľa týchto metód sa dá predpokladať vývoj cien a taktiež sa určuje podľa nich, či je výhodné nakúpiť v rámci menového páru, alebo predať. Pri týchto metódach vstupujú ako premenné v čase jednotlivé hodnoty v podobe jednotlivých ponúk/dopytov (bid/ask), priemeru ceny medzi ponukou a dopytom (midprice) a rozpätím (spread).

3.6.1 Distribúcia

Množstvo nejakej veličiny v komplexných systémoch (napr. ceny menových párov alebo akcií v istom termíne) nie sú deterministicky predpovedateľné, ale je možné predpovedať, ktoré hodnoty sa pravdepodobnejšie budú vyskytovať ako ostatné. Tieto hodnoty môžu byť vymodelované náhodnými premennými. Medzi ne patrí distribúcia. Distribúcia patrí k štatistickým modelom, ktoré spadajú do skupiny reálne ocenených náhodných premenných.

Nech X je náhodná premenná, ktorá (ako model pre ceny na burze) nadobúda hodnoty v reálnom čase. Odhad, ktoré hodnoty X sú viac a ktoré menej pravdepodobné, je vyjadrený pravdepodobnosťou udalostí ako $\{a < X < b\}$ alebo $\{X \leq b\}$. Súbor všetkých pravdepodobností

$$P(a \leq X \leq b), -\infty < a \leq b < \infty,$$

určuje rozdelenie X . Inými slovami, distribúcia je definovaná pravdepodobnosťami všetkých udalostí, ktoré závisia na X .

Pravdepodobnostná distribúcia je jednoznačne definovaná pomocou kumulatívnej pravdepodobnostnej distribúcie

$$F(x) = P(X \leq x), -\infty < x < \infty.$$

$F(x)$ monotónne rastie, pre x konvergujúce k $-\infty$ k 0 a pre x konvergujúce k ∞ k 1. Majme funkciu p , ktorej pravdepodobnosti môžu byť tiež počítané hodnotami integrálu

$$P(a < X < b) = \int_a^b p(x)dx,$$

p sa potom nazýva hustota pravdepodobnosti alebo hustota X . Potom kumulatívna distribučná funkcia je základom p :

$$F(X) = \int_{-\infty}^x p(y)dy.$$

Normálna distribúcia je charakterizovaná dvoma parametrami μ a σ^2 . Distribúcia s hustotou $\varphi(x)$ sa nazýva štandardná normálna distribúcia. Kumulatívna distribučná funkcia štandardnej normálnej distribúcie je charakterizovaná

$$\Phi(x) = \int_{-\infty}^x \varphi(y)dy$$

Ak X je $N(\mu, \sigma^2)$ distribuovaná, potom je náhodná premenná $(X - \mu) / \sigma$ je štandardnou normálnou distribúciou a kumulatívna frekvencia je daná vzťahom:

$$F(x) = P(X \leq x) = P\left(\frac{X - \mu}{\sigma} \leq \frac{x - \mu}{\sigma}\right) = \Phi\left(\frac{x - \mu}{\sigma}\right)$$

[2]

3.6.2 Stabilná distribúcia

Stabilná distribúcia je zovšeobecnením normálnej distribúcie s tým, že táto distribúcia stabilne prináša výnosy návratností. Tieto distribúcie sú schopné zachytiť väčšiu špicatosť ako historické dáta. Avšak tieto distribúcie nemajú konečný rozptyl, ktorý je v rozpore s mnohými finančnými teóriami. Modelovanie pomocou tejto distribúcie je okrem aj obtiažne. Príkladom je tzv. Cauchyho distribúcia, ktorá je symetrická vzhľadom na medián, ale má nekonečnú odchýlku. [14]

3.6.3 Priemer a rozptyl

Matematické očakávania alebo priemer $E[X]$ náhodnej veličiny X je meradlom pre umiestnenie distribúcie X . Pridaním konštanty c do X platí predpoklad $E[X + c] = E[X] + c$, čo znamená, že miesto distribúcie je preložené. Ak X má hustotu $p(x)$, predpoklad je definovaný ako

$$E(X) = \int_{-\infty}^{\infty} xp(x)dx.$$

Nech $X_1, \dots, X_n$ je vzorka identicky nezávisle distribuovaných náhodných premenných, ktoré majú rovnakú distribúciu ako X , potom $E[X]$ môže byť odhadnutý pomocou priemerov týchto vzoriek:

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n X_t$$

Rozsah rozptylu náhodnej premennej okolo priemeru je daný odchýlkou $\text{Var}(X)$. Ak X má hustotu $p(x)$, jeho odchýlka sa počíta nasledovne:

$$\text{Var}(X) = \int_{-\infty}^{\infty} (x - E X)^2 p(x) dx$$

Integrál môže byť nekonečný. Niektoré štúdie vzbudzujú pochybnosti, že náhodné premenné, objavujúce sa vo finančnej matematike a ktorých modely sú stratové, sa zakladajú na konečných odchýlkach. Je lepšie použiť štandardnú odchýlku X .

$$\sigma(X) = \sqrt{\text{Var}(X)}.$$

Pre identicky nezávisle distribuované premenné $X_1, \dots, X_n$, ktoré majú rovnakú distribúciu ako X , sa vzorková distribúcia odhaduje:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (X_t - \mu)^2$$

Uvažujme, že distribúcia náhodnej premennej X má priemer μ a smerodtnú odchýlku σ^2 . 2σ oblasť okolo μ je s pravdepodobnosťou viac ako 95% v okolí X .

$$P(\mu - 2\sigma < X < \mu + 2\sigma) \approx 0.95$$

[2]

Aj keď priemer je veľmi dôležitá charakteristika súboru dát, nie je vždy najlepším spôsobom popisu stredu dát. Jeho nevýhodou je citlivosť na extrémne (odľahlé) hodnoty, ktoré môžu spôsobiť významný posun priemeru oproti skutočnému stredu dát.

Ďalšou mierou polohy stredu je modus. Je to hodnota súboru s najväčšou frekvenciou výskytu. Ak je hodnota s najväčšou frekvenciou len jedna, hovoríme o jednomodálnom súbore, všeobecne ich môže byť aj viac a vtedy hovoríme o súbore multimodálnom[15]. Modus je možné vidieť v charakteristike frekvenčných máp.

Smerodtná odchýlka je pôvodne štatistický termín, ktorý poskytuje dobrú identifikáciu volatility (prchavosti) trhu. Zmeria, ako sú z priemeru široko rozptýlené hodnoty (napríklad záverečné kurzy na burze alebo ceny na Forex trhu). Rozptyl je rozdiel medzi aktuálnou hodnotou a priemernou hodnotou. Väčší rozdiel medzi záverečnými kurzami (close), signalizuje vyššiu odchýlku a teda aj vyššiu volatility, nižšia odchýlka potom volatility nízku.

3.6.4 Šikmosť

Šikmosť (skewness) náhodnej premennej X s priemerom μ a odchýlkou σ^2 je definovaná ako

$$S(X) = \frac{E[(X - \mu)^3]}{\sigma^3}.$$

Ak je šikmosť negatívna (pozitívna), distribúcia je zašikmená doľava (doprava). Pre normálnu distribúciu sa hodnota skewness pohybuje okolo 0 a distribúcia je symetrická okolo priemeru. Ak máme identicky nezávisle distribuované premenné $X_1, \dots, X_n$, šikmosť sa odhaduje pomocou nasledovného vzorca:

$$S(X) = \frac{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (X_t - \mu)^3}{\sigma^3},$$

s μ a σ^2 definované v predchádzajúcej sekcii.[2]

3.6.5 Špicatost'

Špicatost' (kurtosis) náhodnej premennej X s priemerom μ a odchýlkou σ^2 je definovaná ako

$$\text{Kurt}(X) = \frac{E[(X - \mu)^4]}{\sigma^4}.$$

Normálne distribuované náhodné premenné majú hodnotu špicatosti 3. Finančné dáta sú často ohodnotené vyššími hodnotami špicatosti, ktoré ukazujú, že hodnoty sa približujú priemeru a extrémne pozitívne resp. negatívne odchýlky sa zdajú viac frekventované ako hodnoty normálnej distribúcie. Špicatost' môže byť odhadovaná

$$\text{Kurt}(X) = \frac{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (X_t - \mu)^4}{\sigma^4}$$

[2]

Šikmost' aj špicatost' sa využívajú na skontrolovanie platnosti predpokladu distribúcie. Ak dáta vykazujú veľké odchýlky šikmosti a špicatosti aj sériovú koreláciu, potom odhad nemusí byť konzistentný.[14] Šikmost' ilustruje pozíciu distribúcie vo vzťahu k priemeru návratnosti, pozitívna šikmost' indikuje prevládanie pozitívnych výnosov, zatiaľ čo negatívna znamená, že prevládajú negatívne výnosy. Špicatost' ukazuje, či tzv. chvosty (tails) distribúcie sú normálne. Vysoká špicatost' znamená, že nastávajú pozitívne alebo negatívne udalosti, čo môže predznamenať vyššiu šancu na výnosy. Extrémne negatívne výnosy však môžu škodiť obchodnej stratégii, potenciálne zničiť všetky predchádzajúce zisky[1]. Špicatost' by sa nemala zamieňať so šikmost'ou, pretože špicatost' určuje ako je tzv. tučný chvost špicatý.

3.6.6 Tučný chvost

Tučný chvost (fat tail) je vlastnosť niektorých distribúcií, ktoré vykazujú extrémne hodnoty šikmosti. Táto vlastnosť nebola zistená len pri štatistických metódach, ale aj v ekonómii alebo fyzike. Empirické štúdie ukázali, že pri týždenných, denných alebo vyšších frekvenciách sa tento úkaz objavuje častejšie. Tento jav bol identifikovaný pri leptokurtickej distribúcii.[17]

3.6.7 Náhodné vektory

Náhodný vektor $X_1, \dots, X_n$ z množiny $\mathbf{R}^n$ môže byť užitočný pri popisovaní spoločných závislostí niekoľkých náhodných premenných $X_1, \dots, X_n$ napr. niekoľkých nízkych akcií. Spojenie distribúcií náhodných premenných $X_1, \dots, X_n$ je odhadnuté pomocou pravdepodobností

$$P(a_1 \leq X_1 \leq b_1, \dots, a_n \leq X_n \leq b_n), -\infty < a_i < b_i < \infty, i = 1, \dots, n.$$

Ak náhodný vektor $(X_1, \dots, X_n)$ má hustotu $p(x_1, \dots, x_n)$, pravdepodobnosti môžu byť vypočítané pomocou priemerov nasledovných integrálov :

$$P(a_1 \leq X_1 \leq b_1, \dots, a_n \leq X_n \leq b_n) = \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{a_j}^{b_j} \dots \int_{-\infty}^{\infty} p(x_1, \dots, x_n) dx_1, \dots, dx_n.$$

[2]

3.6.8 Frekvenčné mapy

Počet výskytov jednotlivých premenných v určitom časovom úseku udávajú frekvenčné mapy. Frekvencia jednotlivých premenných sa udáva v takom poradí, v akom jednotlivé unikátne hodnoty prišli v čase. Frekvenčné mapy ukazujú aj hodnoty s najvyšším a najnižším počtom výskytov.

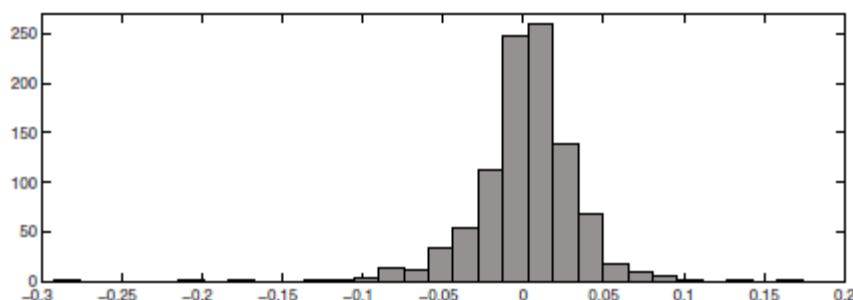
3.7 Dynamické modely návratnosti aktív a ich premenlivosť

Pri jednorazových investíciách sa zvyčajne vložené aktíva vracajú späť. Tento predpoklad je však niekedy porušovaný. Na druhej strane historické výnosy z majetku sú zvyčajne používané len ako náhodné vzorky pre odhad priemeru a návratnosti aktív jednorazových investícií, ktoré už boli uskutočnené. Predpoklad však môže byť taktiež užitočný a obchodník nemá problém nahliadnuť krátko do minulosti, počas ktorej mohlo dôjsť k zmenám a pohybam na trhoch. V tejto kapitole je obsiahnutý dynamický vývoj v oblasti výnosov aktív a ich premenlivosti. Nasledujúce štatistické metódy a modely sú vyvinuté na analýzu týchto časových radov. Ako príklad sa uvádzajú návratnosti dát amerického elektronického burzového trhu NASDAQ s nasledujúcimi hodnotami štatistických metód.

Priemer x 10^3	Odchýlka	Šikmosť	Špicatosť
2.056	0.010	-1.351	14.667

Tabuľka 4.1. Sumárne štatistiky NASDAQ týždenných návratností.[13]

Tieto hodnoty boli vypočítané z nasledovných dát.



Obr. 3.1. Histogram návratností NASDAQ

Prechádzajúci obrázok ukazuje negatívne vychýlený histogram. Na skúšku normalizácie pre distribúciu založenú na šikmosti a špicatosti sa používa *Jarque-Bera test*, ktorý používa štatistický výsledok nasledovného vzorca:

$$JB = n \left(\frac{sk^2}{6} + \frac{(k-3)^2}{24} \right),$$

Táto funkcia aproximuje pod nulovú hypotézu normalizácie. Štatistika pre dáta NASDAQ na obrázku 3.1. vychádza 5839, čo ďaleko presahuje hodnotu 5.99, t.j. 95-ty percentil distribúcie.[13]

Vo finančných časových radách je špicatosť vyššia ako 3, čo je spôsobené frekventovanými úkazmi odchýlok. Ďalej existujú viac frekventované úkazy veľmi malých návratností, ktoré sa nepodobajú na normálnu distribúciu. Na jednej strane môže byť empirická distribúcia návratností leptokurtická, čo znamená, že distribúcia je veľmi vychýlená priemeru a má tzv. chvost (tail) normálnej distribúcie. Na druhej strane to môže znamenať slabšiu asymetriu alebo platykurtickú distribúciu, ale tá sa objavuje len zriedka na finančných trhoch.[2]

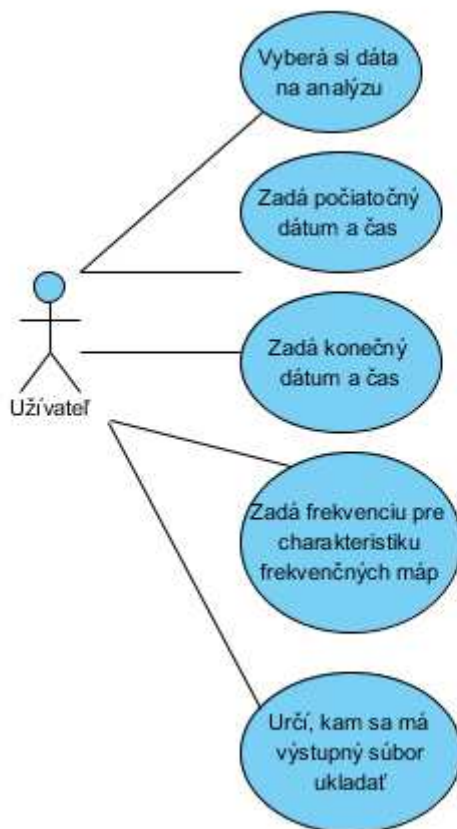
Distribúcia, ktorej špicatosť presiahne hodnotu 3 (táto hodnota je špicatosť normálnej distribúcie), sa nazýva leptokurtická a je zvyčajne asociovaná s tzv. chvostmi ako normálna distribúcia. Používa sa pri normalizovanom obchodnom modeli, ktorý predpokladá normalizáciu pre analytickú poddajnosť odvodzujúcu oceňovanie a risk manažment na nahradenie normálnej distribúcie, napr. Student t-distribúciou[13], ktorá sa tu nespomína.

4 Špecifikácia požiadaviek a návrh aplikácie

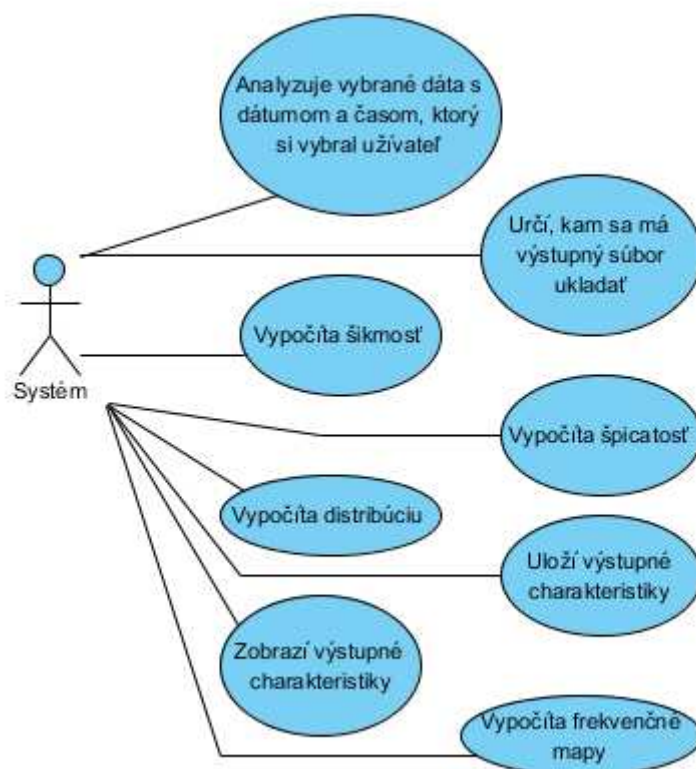
Predchádzajúce kapitoly pokryli potrebnú teóriu pre praktickú časť diplomovej práce. Tú predstavuje nasledujúca kapitola, ktorá je zameraná na návrh riešenia pomocou vývojových prostriedkov a sú tu spomenuté prostriedky, ktoré sú použité vo výslednej aplikácii.

4.1 Diagram prípadov užitia

Diagram prípadov užitia (use case diagram) je dôležitou súčasťou pri tvorbe informačných systémov. Poskytuje nám rýchlu predstavu o všetkých funkciách systému a ich účastníkoch. Diagramy prípadov užitia modelujú hranice systému, jeho účastníkov, prípady užitia a interakcie medzi nimi a účastníkmi. V aplikácii na štatistickú analýzu vysokofrekvenčného obchodovania sú účastníkmi užívateľ, resp. systém. Pri rozšírení systému je možné pridať ako aktéra administrátora. Užívateľ má v ňom niekoľko možností. Všetky sú popísané v diagrame prípadov užitia, ktorý je znázornený na nasledovnom obrázku:



Obrázok 4.1. Use case diagram pre aktéra užívateľ



Obrázok 4.2. Use case diagram pre aktéra systém

Hlavný aktérom v use case diagrame je užívateľ, ktorý si vyberá jednotlivé menové páry, ktoré chce analyzovať. Tieto menové páry sú uložené v súboroch. Ďalej si vyberá počiatočný a konečný dátum a čas dát, ktoré sa majú analyzovať, frekvenciu pre výpočet frekvenčných máp a taktiež určuje, kde sa majú výstupné dáta ukladať.

Ďalším aktérom je systém, ktorý analyzuje vybrané dáta s dátumom a časom, ktorý si vybral užívateľ. Určí, kam sa má výstupný súbor ukladať, vypočíta šikmosť, špicatosť, distribúciu, uloží výstupné charakteristiky, zobrazí výstupné charakteristiky a vypočíta frekvenčné mapy. Pri rozšírení systému o administrátora by mohol tento aktér pridávať ďalšie štatistické charakteristiky.

4.2 Konceptia aplikácie

V tejto podkapitole je popísaný koncept aplikácie, ktorá pomocou štatistických metód vykonáva analýzu vysokofrekvenčných časových radov finančných trhov.

Aplikácia načíta vstupné dáta, ktoré bude analyzovať podľa charakteristík šikmosti, špicatosti, distribúcie a frekvenčných máp. Užívateľ si môže vybrať konkrétne menové páry, premennú, podľa ktorej sa dáta majú analyzovať, aj dátum, odkedy a dokedy užívateľ chce analyzovať časové rady. Dáta môžu byť prijímané z rôznych zdrojov a vstupné dáta môžu byť v akomkoľvek formáte. Aplikácia pri neočakávanej chybe nemôže skončiť. Po skončení výpočtov sa výsledné charakteristiky

zobrazia v zobrazovacom nástroji a následne je možné analyzovať iné dáta s iným dátumom a s inou premennou. Riešenie je navrhnuté na všeobecnú použiteľnosť a akékoľvek pridávanie funkčnosti a musí mať jednoduché užívateľské rozhranie.

Po spustení aplikácie sa otvorí okno, kde sa od užívateľa vyžiada cesta k súboru, v ktorom sú uložené vysokofrekvenčné dáta z finančného trhu forex, ktoré sa majú analyzovať. Vstupné dáta sú popísané v nasledovnej podkapitole. Taktiež sa od užívateľa vyžiada súbor, kde sa budú výsledné charakteristiky ukladať. Vyžiadaná je aj cesta k vizualizačnému nástroju gnuplot, ktorý zobrazuje výsledné charakteristiky. Ďalej si užívateľ môže vybrať premennú, podľa ktorej sa majú vstupné dáta analyzovať. Premenná môže byť buď ponuka, dopyt, rozpätie alebo priemerná cena medzi ponukou a dopytom. Následne sa zobrazí ďalší formulár, kde si užívateľ vyberá začiatkový dátum a čas a konečný dátum a čas dát, ktoré majú byť analyzované. V tomto formulári je aj možnosť výberu určenia frekvencie pre charakteristiku frekvenčných máp. Táto frekvencia je od 15 minút až do 14 dní. Následne by mali byť vypočítané charakteristiky a zobrazené vo vizualizačnom nástroji. Užívateľ si môže takisto aj otvoriť výstupné charakteristiky v tabuľkovom procesore.

Výstupné dáta sú uložené vo výstupnom súbore, ktorý si užívateľ zadal. V prvom stĺpci sú zobrazené výstupné hodnoty pre graf k distribúcii. V druhom je zobrazená frekvencia, ktorá prináleží hodnotám z prvého stĺpca. V treťom stĺpci je uvedená charakteristika šikmosti a vo štvrtom charakteristika špicatosti. Frekvenčné mapy sú pre jednoduchosť oddelené v rozličných súboroch. Každá frekvenčná mapa má osobitný súbor. V prvom stĺpci sa ukladá počet výskytov premenných, v druhom stĺpci sa ukladajú jednotlivé hodnoty.

4.3 Dáta

Dáta na spracovanie sú uložené v súboroch, z ktorých sa načítavajú. Súborové sú uložené ako konkrétne menové páry. Tieto súborové obsahujú už čisté dáta pripravené na načítanie do programu, ktorý tieto dáta analyzuje. Dáta prešli mnohohrstvovým filtrovaním so substitučními prvkami a v tejto výslednej podobe sa ďalej priamo používajú na spracovávanie obchodným modelom. Dáta majú formát v tvare: čas, ponuka, dopyt.

Tieto dáta tvoria postupnosť hodnôt alebo udalostí meniacich sa v čase a zaznamenávajú sa v pravidelných intervaloch. Vo väčšine prípadov sa časové rady dajú analyzovať z viacerých hľadísk: podľa dlhodobého trendu, cyklického pohybu alebo cyklických zmien, sezónneho pohybu alebo sezónnych zmien, alebo nepravidelných resp. náhodných pohybov. Tak ako v iných disciplínach aj vo finančných časových radách sa dajú detekovať anomálie alebo extrémne a odlahlé hodnoty a zmeny. Vo všeobecnosti je dátový tok z časových radov spojitý, usporiadaný, premenlivý, rýchly a obsahuje obrovské množstvo dát. [15]

4.4 Použité vývojové prostriedky

V tejto podkapitole sú spomenuté vývojové prostriedky, ktoré sú použité vo výslednej aplikácii.

4.4.1 Program na spracovanie veľkých objemov dát

Dáta spravidla nie sú vždy v takom stave, aby sme mohli bezprostredne postúpiť k algoritmom, ktoré analyzujú tieto dáta. Databázy obsahujú veľmi často dáta, ktoré sú zašumené, nekonzistentné a niektoré hodnoty môžu aj chýbať. Také dáta označujeme ako "nečisté" (v angličtine dirty). Nízka kvalita vstupných dát by mohla viesť k nepresným alebo dokonca nesprávnym, až zavádzajúcim záverom vyplývajúcim z vydolovaných znalostí. Existuje niekoľko kritérií hodnotenia kvality dát. Niekedy sa hovorí o multidimenzionálnom pohľade na kvalitu dát, kedy dimenziami sú jednotlivé aspekty kvality, ktoré hodnotíme. Patria medzi ne: presnosť, úplnosť, konzistencia, aktuálnosť, dôvera, pridaná hodnota, interpretovateľnosť, dostupnosť. Vyššie uvedené kritériá platia v plnej miere aj pre dáta, s ktorými vykonávame algoritmy. Existujú ale nasledujúce základné prejavy nekvality dát, s ktorými sa spravidla v súvislosti s ich predspracovávaním diskutuje:

- Dáta sú nekompletné – dôvodov, prečo sú dáta neúplné, môže byť veľké množstvo. Môžu chýbať hodnoty kvôli poruche zariadenia alebo chybe programu pri zbere dát.
- Dáta sú zašumené – znamená, že dáta obsahujú nesprávne alebo zašumené hodnoty. Príkladom je buď nezmyselná, alebo veľmi odľahlá hodnota ponuky, alebo dopytu. Taktiež môže existovať veľa príčin, prečo existujú aj zašumené dáta. Môže to byť ľudské zlyhanie alebo taktiež môže dôjsť k poruche zariadenia pri zbere dát. Veľa takých chýb by mala odhaliť dobre navrhnutá aplikácia, ktorá slúži k zberu dát, a zaistiť, že sa nesprávne údaje do výsledných dát nedostanú.[15]

Na spracovanie veľkých objemov dát sa používa počítačový program Statistica. Tento program poskytuje sadu nástrojov a riešení pre:

- analýzu dát a reportovanie, data mining a prediktívne modelovanie, business intelligence, monitorovanie procesov, analytické optimalizácie, simulácie a na používanie veľkého množstva štatistických a ďalších analytických metód na riešenie rutinných a pokročilých analýz dát
- vizualizáciu dát, grafické analýzy dát, vizuálne dolovanie dát a jednoduché a moderné grafy
- jednoduché a pokročilé desktopové analýzy a počítanie pre podnikanie, strojárstvo, výskumné inštitúcie, vysoké školy, laboratória a pre aplikácie od CRM, prediktívne modelovanie na použitie mnohorozmerných modelov [4]
- multiplatformové a viacjazyčné verzie

Program Statistica je vhodný na predspracovanie obchodných dát.

4.4.2 Objektovo orientované programovanie

Objektovo orientované programovanie je druh programovania, pri ktorom sa používajú štruktúry, zvané objekty, ktoré môžu existovať ako samostatné programové entity. Tieto objekty majú svoje vlastnosti, metódy a funkcie, pomocou ktorých objekt vykonáva určité činnosti, na ktoré bol naprogramovaný.

4.4.3 Vývojové prostredie

Pri tvorbe rozsiahlejších aplikácií je vhodné zvoliť si vývojové prostredie, v ktorom sa aplikácia bude tvoriť. Pre túto aplikáciu je najvhodnejšie Microsoft Visual Studio. Tento vývojový prostriedok je hlavným integrovaným vývojovým prostredím firmy Microsoft. Visual Studio obsahuje debugger, editor kódu, ktorý sprehl'adňuje kód vhodným formátovaním, a ďalšie utility pre návrh aplikácií.

4.4.4 Jazyk C#

Tento programovací jazyk je novým jazykom uvedeným spoločnosťou Microsoft vrátane .NET Framework a Visual Studiom. Ide o čisto objektovo orientovaný jazyk, ktorý sa stal interným vývojovým nástrojom platformy .NET. Firma Microsoft ho zaradila do tzv. rodiny C jazykov z dôvodu syntaktickej podobnosti s jazykom C++. V skutočnosti jazyk C# pripomína viac jazyk Java a v istých pohľadoch nesie niektoré myšlienky Visual Basicu.

Základné charakteristiky tohto jazyka[7]:

- je čisto objektovo orientovaný
- obsahuje natívnu podporu komponentového programovania
- používa jednoduchú dedičnosť s možnosťou násobnej implementácie rozhrania
- vedľa členských dát a metód pridáva vlastnosti a udalosti
- správa pamäti je realizovaná prostredníctvom Garbage collector
- podporuje spracovanie chýb pomocou výnimiek
- zaisťuje typovú bezpečnosť a podporuje riadenie verzií
- podporuje atribútové programovanie
- zaisťuje hlbokú integráciu s nastávajúcim kódom na binárnej aj zdrojovej úrovni.

4.4.5 .NET Framework

.Net framework je platforma na vytváranie a chod aplikácií. Jej zásadnými komponentami sú spoločný jazykový bežiaci modul (Common Language Runtime - CLR) a knižnica tried .NET (Framework Class Library - FCL). CLR abstrahuje služby operačného systému a slúži ako vykonávacie jadro pre riadenie aplikácie, ktorej všetky akcie podliehajú schváleniu u CLR. FCL poskytuje objektovo orientované rozhranie API, do ktorého riadené aplikácie zapisujú [6].

4.4.6 Gnuplot

Gnuplot je prenosná, príkazovým riadkom riadená grafová utilita pre Linux, OS / 2, MS Windows, OSX, VMS a mnoho ďalších platforiem. Zdrojový kód je chránený autorskými právami, ale je voľne distribuovaný. Pôvodne bol určený vedcom a študentom na interaktívnu vizualizáciu matematických funkcií a dát, ale postupne podporoval veľa neinteraktívnych použití, ako napríklad skriptovanie na webe. Tiež sa používa ako zobrazovacia utilita aplikácií, ako je napr. Octave. Tento nástroj podporuje mnoho typov vykreslenia v 2D a 3D. Je možné kresliť pomocou čiar, bodov, krabice, obrysov, vektorových polí, povrchov a rôznych textov. Taktiež podporuje rôzne špecializované typy vykreslenia. Výstup je možné exportovať do rôznych typov formátov súborov: (eps, fig, jpeg, LaTeX, metafont, pbm, pdf, png, PostScript, svg, ...). Gnuplot je možné ľahko rozšíriť o nové režimy výstupu. Posledné verzie zahŕňajú interaktívny terminál založený na wxWidgets alebo vytváranie grafov pre webové rozhranie HTML5. [5]

Okrem bežne používaných stĺpcových, koláčových a čiarových grafov sa pre vizualizáciu niektorých vlastností súboru dát používajú niektoré ďalšie typy grafov. Najpoužívanejším grafom, ktorý ukazuje rozloženie pravdepodobnosti daného atribútu, je histogram. Pokiaľ ide o atribút kategorický, zodpovedá každej diskretnej hodnote jeden stĺpec. Aj vo výstupnej aplikácii je použitý histogram na lepšiu vizualizáciu.

5 Implementácia

Akonáhle sú vysokofrekvenčné modely implementované, vzápätí sú ihneď testované kvôli vylepšeniu a odstráneniu nedostatkov. Pri testovaní systému by sa mali použiť dáta z minulosti. Hlavný rozdiel medzi živým obchodným modelom a testovacím modelom by mal byť v pôvode údajov. Testovací systém zahŕňa modul historických dát, ktorý číta dáta z historických archívov. V živom obchodnom systéme prijíma modul Real-time údaje pochádzajúce od maklérov. Až na rozdiely v súvislosti s prijatím údajov aktuálne a testovacie programy by mali byť identické a v ideálnom prípade môže byť použitý rovnaký kód pre základné funkcie.

Táto kapitola popisuje návrh užívateľského rozhrania ako aj samotnú implementáciu. Tá sa začala návrhom grafického užívateľského rozhrania, ktoré sa implementovalo pomocou Visual Studia. Potom sa implementovalo načítanie dát zo získaných súborov a nakoniec celý systém, ktorý postupne nadobúdal funkčnosť.

5.1 Trojvrstvá architektúra

Pri implementácii bola použitá typická trojvrstvá architektúra, čo znamená, že aplikácia sa skladá z troch na sebe nezávislých vrstiev. Takto sa vytvorí ľahko udržiavateľná a rozšíriteľná aplikácia. Tieto vrstvy sú nasledovné:

1. dátová vrstva – triedy, ktoré získavajú dáta,
2. aplikačná vrstva – triedy, ktoré obsahujú aplikačnú logiku, tvoria prepojenie medzi prezentačnou a dátovou vrstvou,
3. prezentačná vrstva – obsahuje triedy, ktoré vytvárajú formulárové rozhranie pre komunikáciu s užívateľom.

5.1.1 Dátová vrstva

V tejto vrstve sú vytvorené triedy na náplň objektu, ktorý obsahuje všetky kvóty, ktoré si užívateľ v zadanom období vybral vo formulári v prezentačnej vrstve. Jedna kvóta obsahuje čas, cenu nákupu a predaja. Najprv prebehne test, či je súbor na čítanie dát v poriadku. Metódy na túto kontrolu sa nachádzajú v prezentačnej vrstve. Ak nie je súbor v poriadku, prebehne ošetrovanie pomocou výnimky. Výnimky sú bližšie popísané nižšie. Ak je všetko v poriadku, metóda vyberie dáta z príslušného súboru v cykle, rozdelí vstupný text na príslušné atribúty a naplní objekt. Cyklus skončí, akonáhle je naplnený objekt pomocou príslušného času alebo nastal koniec súboru. Nakoniec sa súbor uzavrie.

5.1.2 Aplikačná vrstva

Aplikačná vrstva slúži na manipuláciu s dátami. Metódy v tejto vrstve vrátia jednotlivé štatistické metódy, ktoré sú popísané v kapitole o implementácii metód. Dáta sa získajú z dátovej vrstvy, potom prebiehajú jednotlivé metódy slúžiace na výpočet a nakoniec sú zobrazené pomocou vizualizačného nástroja.

5.1.3 Prezentačná vrstva

V prezentačnej vrstve sú triedy, ktoré tvoria užívateľské rozhranie. Formuláre obsahujú prvky užívateľského rozhrania, ktoré poskytuje Visual Studio a kontrolujú cesty k zadaným súborom a k programu gnuplot. Výber dátumu a času, na ktoré sa aplikujú jednotlivé štatistické charakteristiky a premennú, si užívateľ vyberie práve v tejto vrstve a predajú sa ako parametre ďalším vrstvám. V tejto vrstve sa volajú metódy z aplikačnej vrstvy na vyhodnotenie, prekontrolovanie a zobrazenie v gnuplote.

5.2 Získanie dát

Dátová vrstva obsahuje triedy na náplň objektu. V prvej je definovaný objekt, ktorý má ako atribúty všetky údaje o kvóte. Tento objekt sa naplňa v inej triede. Naplňa sa podľa toho, aký dátum si užívateľ vyberie. Ak si užívateľ chce spraviť rýchlu analýzu dát, čas a dátum nepozmení a hneď stlačí tlačidlo na analýzu dát, tak sa analýza prevedie pomocou všetkých dát v súbore. Pre prácu so súborami sa využíva menný priestor System.IO. Ak súbor neobsahuje žiadne údaje, metóda vráti prázdny objekt. Metóda naplní dáta v cykle až do skončenia súboru. Ak cyklus skončí, objekt sa plní dátami s dátumom, ktorý si užívateľ vybral. Dáta majú tvar textových reťazcov, preto je potrebné si tieto reťazce rozdeliť. Vstupné kvóty majú tvar: čas, cena ponuky a cena dopytu. Čas je ešte potrebné rozdeliť na rok, mesiac, deň, počet hodín, minút, sekúnd a milisekúnd. Pri nahrávaní dát zo súboru je potrebné každý objekt explicitne pretypovať. V tejto vrstve sa tiež objekt naplňa hodnotami rozpätia, priemernej ceny medzi ponukou a dopytom. Taktiež sa objekt plní hodnotami rozdielov oproti predchádzajúcej kvóte. Je to kvôli rýchlosti, aby sa v aplikačnej vrstve nemusel objekt plniť znova. Táto vrstva je oddelená od aplikačnej vrstvy, a preto je možné kedykoľvek zmeniť štruktúru vstupných dát a s tým spojené aj metódy na získavanie dát, alebo ak je potrebná zmena vstupného súboru na databázu alebo xml, tak sa nemusí meniť aplikačná vrstva. Štruktúra dát nemá vplyv na konečný výsledok.

Tento projekt pracuje so štandardnými dátovými typmi:

- Integer – pracuje s celými číslami
- Double – pracuje s desatinnými číslami
- DateTime – typ pracujúci s časom

- String – typ pracujúci s reťazcami
- List<> – kolekcia dátových typov

Definované sú však aj vlastné dátové objekty. Prvým je objekt, ktorý slúži na plnenie výsledného objektu. Tento objekt má ako atribúty definované: rok, mesiac, deň, hodina, minúta, sekunda, milisekunda, cena ponuky, cena dopytu, rozpätie, priemerná cena a delta týchto premenných. Ďalším výnimočným objektom je objekt, ktorý je definovaný ako List objektov. Tento objekt obsahuje všetky kvóty, ktoré vyhovujú užívateľovým požiadavkám nachádzajúcich sa v danom čase. V projekte sú deklarované aj ďalšie objekty, tie však slúžia na pomocné účely.

5.3 Implementácia metód

Aplikačná vrstva slúži na vyhodnotenie štatistických metód, ktoré slúžia na analýzu dát. V príslušnej triede sú vytvorené na to príslušné metódy. Tieto metódy sa taktiež nachádzajú aj v dostupných knižniciach na internete, avšak pre tento projekt sú naimplementované. Prvá metóda, ktorá sa zavolá z prezentačnej vrstvy, je metóda, ktorá dostane ako parameter premennú, podľa ktorej sa má analýza vykonať. Túto premennú si vyberá užívateľ na začiatku programu a môže to byť: cena ponuky, cena dopytu, priemerná cena alebo rozpätie. Ostatné parametre sú len pomocné pre dátovú vrstvu, ktorej metódy sa volajú z tejto vrstvy. Ako prvá zo štatistických metód sa implementuje distribúcia. Najprv sa zistí minimálna a maximálna hodnota premennej, pomocou ktorej sa analyzuje. Je to potrebné kvôli rozdeleniu na časti, ktoré nám zobrazujú distribúciu. Hodnota, pomocou ktorej sa zobrazuje distribúcia, je určená na 0.00001. Táto hodnota určuje vizualizačný rozdiel, pomocou ktorého je možné určiť rozdielny počet hodnôt medzi jednotlivými krokmi. Potom sa určí počet jednotlivých krokov, ktoré určujú rozdiel hodnôt oproti predchádzajúcemu. Počet krokov sa určí pomocou vzorca:

$$\frac{(\text{maximálna hodnota delty} - \text{minimálna hodnota delty})}{\text{vizualizačná hodnota}}$$

Následne sa plní hodnota podľa pomocou hodnôt jednotlivých krokov. Potom sa určí kumulatívna frekvencia. Táto je definovaná vyššie. Implementovaná je tak, že sa určí v cykle, koľko hodnôt je menších ako hodnota jedného kroku. Nakoniec sa určí distribúcia, ktorá je naimplementovaná tak, že pre jednotlivý krok sa určí hodnota rozdielom hodnoty kumulatívnej frekvencie príslušného kroku od hodnoty kumulatívnej frekvencie v predchádzajúcom kroku.

Ďalej sa v metóde implementujú charakteristiky šikmost' a špicatosť, ktoré sa implementujú pomocou nasledujúcich vzorcov:

$$S(X) = \frac{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (X_t - \mu)^3}{\sigma^3}, \quad \text{Kurt}(X) = \frac{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (X_t - \mu)^4}{\sigma^4}$$

Ako vstupné hodnoty sa udávajú rozdiely premenných, ktoré si užívateľ vyberie oproti predchádzajúcim. Najprv je potrebné spraviť sumu delt jednotlivých premenných. Potom sa pre každý

krok vypočíta aritmetický priemer, smerodatná odchýlka a odmocnina smerodatnej odchýlky. Tieto hodnoty sú potrebné na implementáciu šikmosti a špicatosti. Je dôležité počítat tieto charakteristiky pre každú vstupnú hodnotu kvôli výsledným hodnotám.

Poslednou charakteristikou je výpočet frekvenčných máp. Užívateľ má možnosť zvoliť si predvolený zobrazovací časový úsek (box), ku ktorému sa vzťahujú jednotlivé výpočty. Vstupné dáta sa spracovávajú v rámci týchto boxov. Pre každý box existuje jedna výstupná sada informácií. Tieto výstupné sady sú zobrazené ako jednotlivé grafy, zoradené v časovom poradí boxu, pre ktorý boli vypočítané. Frekvenčné mapy sú vytvorené tak, že na osi x sa nachádzajú všetky unikátne existujúce hodnoty v rámci daného boxu (napríklad všetky unikátne hodnoty ponuky) a na osi y sú frekvencie výskytov týchto hodnôt v danom boxe.

V aplikačnej vrstve sa nachádza aj implementácia spustenia programu na zobrazovanie výsledkov gnuplot. Predtým je však potrebné tieto výsledky uložiť. Súbor na uloženie si užívateľ vyberie pri spustení programu. Gnuplot sa spúšťa tak, že sa vytvorí nový proces a externe sa zavolá spustiteľný program. Proces následne vyvolá spustenie tohto vizualizačného nástroja. Pomocou textových reťazcov sa zobrazujú jednotlivé výsledky, ktoré sú uložené v súbore. Výsledky distribúcie a frekvenčných máp sa zobrazujú pomocou grafov pre lepšiu prehľadnosť. Taktiež sa robia drobné úpravy kvôli zobrazeniu os. Nakoniec sa proces ukončí.

5.4 Grafické užívateľské rozhranie

GUI (Graphical User Interface), v preklade grafické užívateľské rozhranie, je určené na komunikáciu s užívateľom. Pri návrhu GUI je dôležité, aby bolo navrhnuté tak, aby bola práca pre užívateľa čo najjednoduchšia a aby na prvý pohľad zaujalo užívateľa. V prvom formulári si užívateľ zadá cestu k súboru so vstupnými dátami a cestu na uloženie výstupného súboru. Taktiež si vyberá premennú, pomocou ktorej sa budú jednotlivé charakteristiky počítat. Po dokončení si môže výstupné dáta otvoriť aj v súbore. Ak užívateľ zadá zlú cestu k súboru alebo nastane iná neočakávaná udalosť, tak sa automaticky vyvolá kontrolná výnimka, ktorá zabráni neočakávanému skončeniu programu.

V druhom formulári si užívateľ zadáva dátum a čas dát, s ktorými bude program počítat. Sú tu použité komponenty Visual Studio datePicker. Výstupné výsledky sú potom zobrazené v nástroji gnuplot. Po ukončení analýzy dát sa program neukončí, užívateľ si môže znova analyzovať dáta.

Statistical analysis

File About

Analyze file F:\studium\EURUSD.csv Open

Save as F:\studium\analysis.csv Open

Frequency maps F:\studium\frekv_map.csv Open

Gnuplot file F:\gnuplot\gp45-winbin\gnuplot\bi Open

Midprice ▼

Midprice

Bid

Ask

Spread

Open in excel

Next >>

Roman Langer © 2011

Obrázok 5.1. Úvodný formulár na výber dát

Select time and date

Start Date 5. septembra 2010 ▼

Start Time 0:00:00 ▼

End Date 5. septembra 2010 ▼

End Time ▼

Frequency maps

Days

0

1

OK Cancel

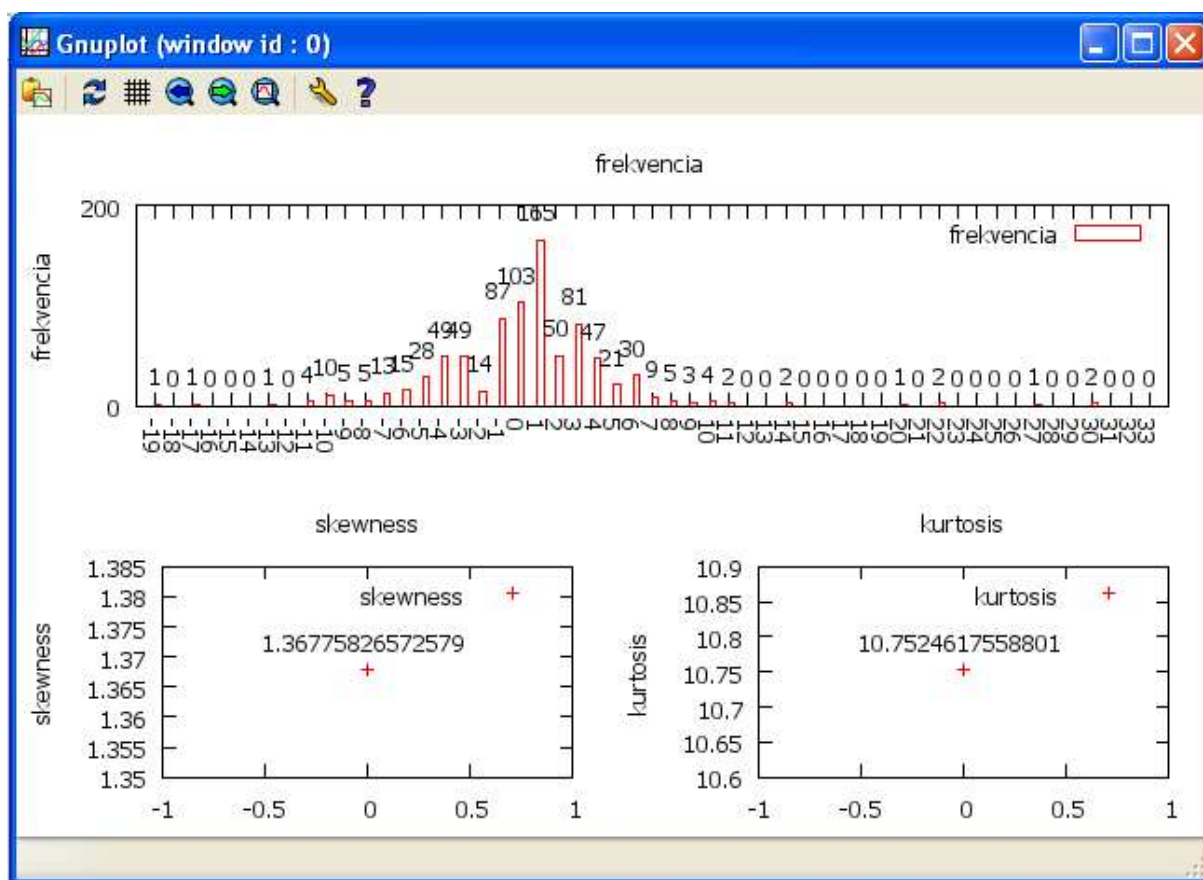
Dnes: 15.5.2011

Obrázok 5.2. Formulár na výber času a dátumu

5.5 Príklad výstupných charakteristík

Pre znázornenie sú v tejto podkapitole uvedené dva konkrétne príklady charakteristík. Avšak užívateľ si môže analyzovať ktorékoľvek dáta akoukoľvek metódou.

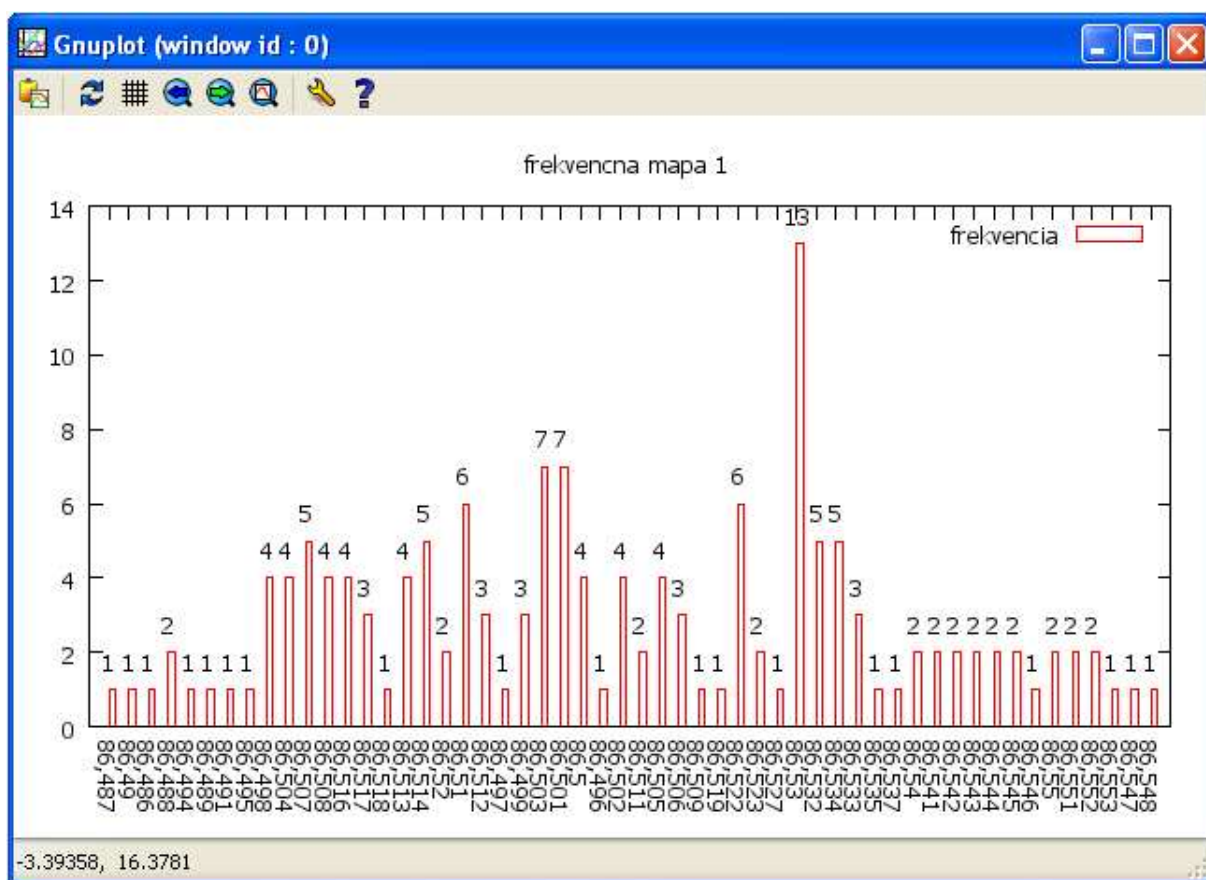
Po vykonaní analýzy sa automaticky spustia procesy na zavolanie externého vizualizačného nástroja gnuplot. V tomto nástroji sú zobrazované jednotlivé štatistické charakteristiky, a to distribúcia, šikmost', špicatosť a frekvenčné mapy. Na nasledujúcich obrázkoch sú zobrazené analyzované dáta. Konkrétne sa jedná o menový pár Euro voči americkému doláru (EUR/USD). Tieto dáta sú zozbierané 04.11.2010 a v čase od 17:57:38 do 19:32:20. Výstupná distribúcia sa vždy zobrazuje s určitou granularitou kvôli prehľadnosti. V tomto uvedenom príklade je to granularita s hodnotou 0,00001. Tieto štatistické metódy sa môžu vykonať pre ktorúkoľvek premennú, v tomto prípade sa vykonávajú pre rozdiel hodnôt premenných ponuka mínus predchádzajúca ponuka.



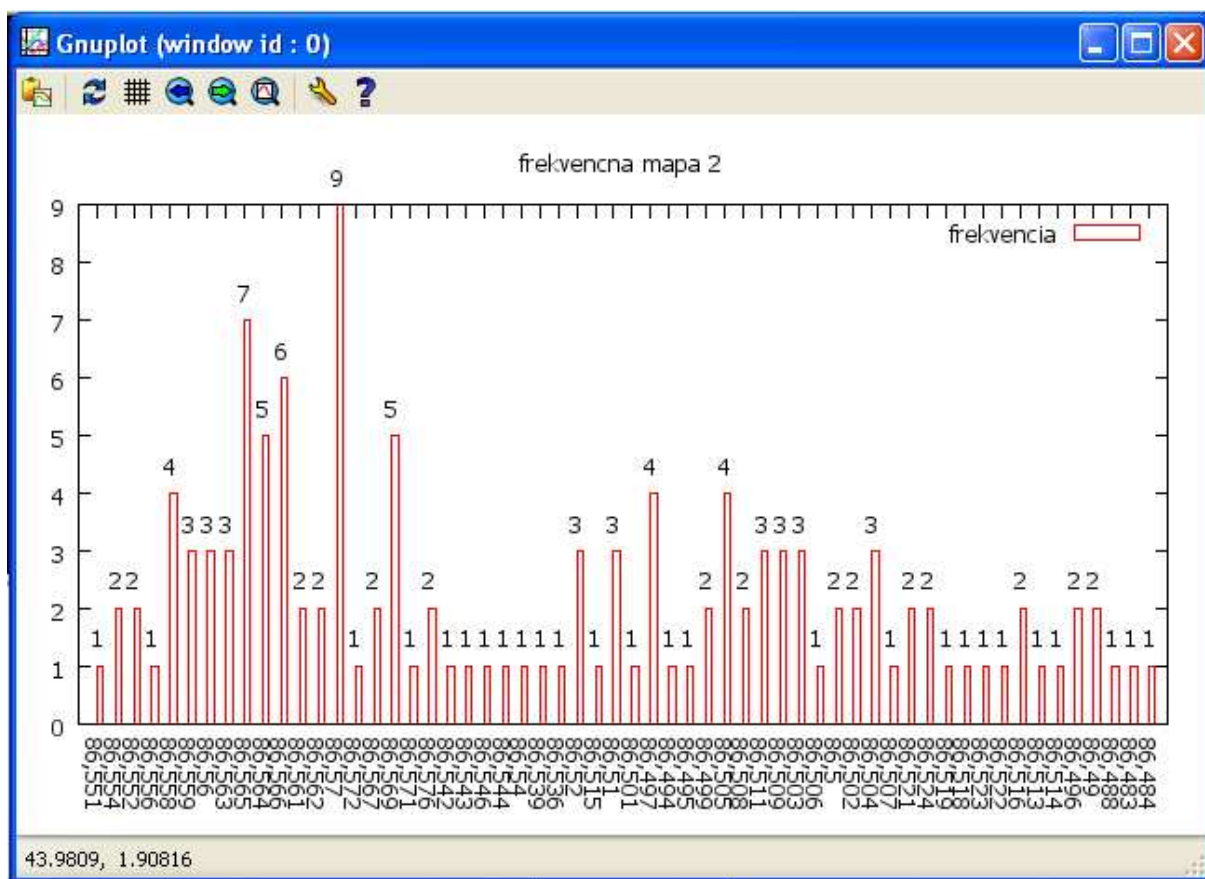
Obrázok 5.3. Výstupné charakteristiky

Na obrázku 5.3. je zobrazená distribúcia, ktorá charakterizuje sumu jednotlivých unikátnych rozdielov premenných oproti predchádzajúcim. Za normálnych okolností by sa mala podobáť Gaussovej krivke. Na X-ovej osi sú zobrazené jednotlivé rozdiely vynásobené hodnotou, ktorá je rozhodujúca pri porovnávaní, v našom prípade 1/0,00001. Najmenšia hodnota rozdielu je mínus 19 krát 0,00001, teda -0,000019 s počtom výskytu rovným 1, najväčší rozdiel je 33 krát 0,00001, teda 0,000033 taktiež s jedným výskytom. Najväčšiu frekvenciu má rozdiel 0,00001, čo znamená mierne vychýlenie doprava s počtom výskytov 165. Toto mierne vychýlenie nám ukazuje aj ďalšia

Nasledujúcou charakteristikou sú frekvenčné mapy. Pri týchto mapách užívateľ má možnosť zvoliť si východiskový vzorkovací časový úsek (box), ku ktorému sa vzťahujú jednotlivé výpočty. Tento box si užívateľ vyberie v GUI. Uvedieme príklad frekvenčnej mapy pre ponuku menového páru švajčiarsky frank voči japonskému jenu (CHF/JPY) dňa 17.12.2010 v čase od 16:00:12 do 16:27:56 s boxom 15 minút. Inak je implicitne je nastavený box na 1 hodinu.



Obrázok 5.4. Frekvenčná mapa č. 1



Obrázok 5.4. Frekvenčná mapa č. 2

Na obrázkoch 5.3. a 5.4 sú výstupy jednotlivých frekvenčných máp. Na X-ovej súradnici je zobrazená hodnota premennej (ponuky) a na Y-ovej osi je zobrazený počet výskytov jednotlivých unikátnych premenných zoradených v čase. V tomto prípade vychádzajú 2 boxy na zobrazenie.

5.6 Odchytyvanie výnimiek

V každej aplikácii môžu nastať za behu rôzne chybové stavy. Snahou každého prekladača je eliminovať ich veľkú časť už pri preklade. Prispieva k tomu aj CLR. Aj napriek tomu zostáva určitá množina chýb, ktorú nie je možné dopredu detekovať. Sú to napríklad otvorenie neexistujúceho súboru, náhly nedostatok operačnej pamäte, delenie nulou alebo indexovanie mimo povolenej hranice. .NET Framework zareaguje na tieto chybové stavy tzv. vyvolaním výnimky. Aplikácia by mala byť na tieto chybové stavy dopredu pripravená. V C# sa výnimky ošetrujú kľúčovými slovami *try*, *catch*, *finally*. Princíp spočíva v uzatvorení kódu, ktorý môže vyvolať výnimku v bloku *try* (skúsiť). Umiestnenie rutín spracovaných výnimiek je v bloku *catch* (zachytiť). Účelom je determinovať, o aký typ výnimky išlo, a vykonať potrebnú sekvenciu príkazov. Každá výnimka so sebou nesie určitú informáciu o dôvode udalosti vo forme objektu, ktorý je typu *System.Exception*. Každý blok *catch* musí uviesť, aký typ výnimky sa má spracovávať. Ak chceme zabezpečiť, aby bola časť kódu

spracovaná za každých okolností nezávisle na tom, či nastala výnimka alebo nie, musíme za posledný *catch* uviesť blok *finally*. Tento blok sa využíva napríklad pri uzatvorení súboru a podobne. V tomto projekte boli odchyťované výnimky typu:

- *DirectoryNotFoundException* – Bola zadaná zlá cesta k súboru.
- *FileNotFoundException* – Chyba pri otváraní súboru (súbor sa nenašiel).
- *FormatException* – Chyba pri parsovaní súboru (zlý formát dát).
- *ArgumentOutOfRangeException* – Chyba pri počítaní (neboli vybrané žiadne dáta).
- *Win32Exception* – Chyba pri práci s otvorením procesu (nepodarilo sa spustiť proces, ktorý otvára program gnuplot).

5.7 Testovanie

Jednou z najdôležitejších častí vývoja programu je dôkladné testovanie, ktoré by sa nemalo podceňovať. Cieľom testovania je zistiť chyby a nedostatky implementovaného systému. Testovanie sa vykonáva zadávaním hraničných alebo zlých hodnôt. Prebiehalo pomocou súboru s malým množstvom dát, ktorý bol vytvorený za týmto účelom. Pri malom množstve spojení sa ľahšie ladilo. Microsoft Visual Studio obsahuje veľmi ľahko ovládateľný debugger. Pri testovaní sa prišlo na niekoľko nedostatkov, napr. pri hraničných dátach, ktoré nespádali do správnych intervalov. Následne boli tieto nedostatky odstránené. Inak testovanie prebehlo celkom pozitívne.

6 Možné rozšírenia

Vývoj informačných systémov ide v dnešnej dobe neustále dopredu, z čoho najprogresívnejší vývoj zaznamenávajú systémy navrhnuté ako webové aplikácie alebo formulárové systémy. Tento program bol implementovaný na základe analýzy a návrhu. Boli vyriešené všetky požiadavky zadania práce. Boli odhalené niektoré nedostatky, na ktoré sa prišlo až pri testovaní. V tejto kapitole sú opísané možné vylepšenia programu.

Prvým možným rozšírením systému je možnosť získať dáta zo systému, ktorý tieto dáta odfiltruje. Takto by bola analýza presnejšia o odfiltrované dáta, ktoré môžu spôsobiť odchýlky vo výsledkoch.

Ďalším možným vylepšením je optimalizácia algoritmu, ktorý načítava jednotlivé dáta. Ak si užívateľ zadá súbor s veľkým počtom dát, algoritmus sa spomalí. Rýchlosť je v takýchto systémoch veľmi dôležitá. Napriek tomu je rýchlosť načítavania vzhľadom na počiatočné požiadavky projektu dostatočná.

Aplikácia by sa mohla rozšíriť aj o vytvorenie užívateľského rozhrania pre administrátora, ktorý by mohol pridávať štatistické metódy. Jedným z možných vylepšení je aj efektívnejšie využívanie trojvrstvovej architektúry.

Ďalej by bolo potrebné, aby dáta bolo možné získať z real time aplikácie, ktorá zbiera dáta z finančných trhov a analýza by prebiehala s aktuálnymi dátami. V tomto štádiu sa testuje s reálnymi údajmi, avšak je potrebné získať priebežne aj nové dáta. Takéto rozšírenie je možné z toho dôvodu, že aplikácia je rozdelená do troch nezávislých vrstiev a aplikačná vrstva, ktorá počíta jednotlivé štatistické metódy, je použiteľná na ktorýkoľvek formát vstupných dát.

7 Záver

Diplomová práca popisuje teoretické poznatky, analýzu a implementáciu diplomového projektu, ktorý sa zaoberá štatistickou analýzou dát finančných trhov. Túto tému som si vybral, aby som si zdokonalil svoje vedomosti v tvorbe informačných aplikácií, ale najmä preto, lebo ma obchodovanie s menami zaujíma a chcel som podrobnejšie zistiť, ako fungujú finančné trhy. Drvivá väčšina svetových finančných zdrojov slúži na rizikové špekulačné transakcie, ktoré okrem vidiny vysokého zisku nesú so sebou aj riziko vysokej straty. Keďže jednotlivé hodnoty v podobe cien na finančnom trhu sa vo vysokofrekvenčnom obchodovaní cez deň neustále menia, je potrebné zamerať sa hlavne na to, aby výsledné štatistické modely boli presné. Nepresné výstupné modely by v praxi mohli viesť k stratám pri obchodovaní. Kvôli tomu som si dal záležať na presnosti výstupných dát. Výstupné charakteristiky boli po každej pridanej funkčnosti systému dôkladne testované.

Štatistická analýza dát finančných trhov je zaujímavá úloha, avšak aj časovo náročná, keďže som nemal dostatočné skúsenosti so spomínanými technológiami. Taktiež dlhšie trvalo chápanie finančných trhov a jednotlivých štatistických metód. Niektoré metódy sa v iných odvetviach používajú len zriedka a tak bolo testovanie a počítanie týchto metód náročnejšie. Zdokonalil som sa v jazyku C#, v ktorom by som si chcel naďalej zdokonaľovať a zlepšovať svoje vedomosti. Prečítal som rôzne knižky a dúfam, že výsledný efekt prinesie uspokojenie.

Práca spĺňa počiatočné požiadavky. Dáta, ktoré sa získajú zo vstupného súboru, sú vyhodnotené pomocou štatistických metód, pomocou ktorých sa analyzuje a následne obchoduje s menovými pármami. Aplikácia bola implementovaná ako formulárová aplikácia, ktorá obsahuje jednoduché užívateľské rozhranie aj pre užívateľov, ktorý systém použijú prvýkrát. Systém by mal byť typu user friendly, čo znamená ľahko a intuitívne ovládateľný. Zadané požiadavky postupne prešli cez získanie vedomostí, analýzu, návrh a implementáciu systému, jeho následné ladenie, testovanie, ošetrovanie chýb. V týchto fázach sa našlo niekoľko nejasností a niekoľko optimalizácií. V súčasnej dobe je systém pripravený na používanie. Chyby, ktoré neboli odhalené, sa môžu časom prejaviť. Ďalší vývoj samotnej aplikácie by mohol byť prispôsobený možným rozšíreniam, ktoré sú uvedené v predchádzajúcej kapitole. Projekt bol vytvorený bez predchádzajúcich vedomostí, skúseností a znalostí v danej oblasti finančných trhov a štatistiky a s priemernými znalosťami v oblasti návrhu a implementácie s vytváraním aplikácie použitím technológií programovacieho jazyka C# a nástroja gnuplot na zobrazovanie a vizualizáciu dát. S tým samozrejme súvisí dĺžka vývoja projektu, ktorá by mohla byť pri väčších skúsenostiach kratšia. Je preto vhodné dobré načasovanie a rozdelenie všetkých častí vývoja projektu.

Doposiaľ som sa nestretol s aplikáciou podobného typu, preto je ťažké porovnávať. Napriek tomu, že sú dostupné knižnice, ktoré obsahujú výpočty jednotlivých štatistických metód, v projekte sú implementované tieto metódy bez použitia týchto knižníc. Užívateľ si však môže vybrať vstupné dáta,

aké chce analyzovať. Ďalej je možné vybrať si premennú, podľa ktorej možno analyzovať. Taktiež je možné si vybrať aj konkrétny dátum a čas analyzovania dát a nie je potrebné skúmať celý vstupný vektor dát. Aplikácia umožní analyzovať dáta podľa frekvenčných máp, metód distribúcie, šikmosti a špicatosti. Výstupné štatistické charakteristiky je možné si prezrieť vo výstupnom súbore, ktorý sa môže automaticky otvoriť.

Za všeobecný prínos považujem to, že aplikácia je vytvorená podľa požiadaviek zadania a výstupy umožňujú analyzovať dáta presne podľa potreby. Za osobný prínos považujem najmä to, že mám väčší prehľad, ako sa obchoduje na svetových finančných trhoch. Zvlášť si cením to, že som mal možnosť utvrdiť si svoje schopnosti v programovaní aj touto diplomovou prácou.

Literatúra

- [1] Aldridge, I.: *High-Frequency Trading: A Practical Guide to Algorithmic Strategies and Trading Systems*, Wiley, 2009, ISBN 978-0470563762
- [2] Franke, J., Härdle, W., K., Hafner, Ch., M.: *Statistics of Financial Markets: An Introduction*, Springer, 2008, ISBN 978-3540762690
- [3] Pole, A.: *Statistical Arbitrage: Algorithmic Trading Insights and Techniques*, Wiley, 2007, ISBN 978-0470138441
- [4] STATISTICA | General Overview [online] [citované 27.12.2010] Dostupné na URL:
<http://www.statsoft.com/unique-features/statistica-general-overview/>
- [5] gnuplot homepage [online] [citované 28.4.2011] Dostupné na URL:
<http://www.gnuplot.info/>
- [6] Prosise, J.: *Programování v Microsoft .NET - Webové aplikace v .NET Framework., C# a ASP.NET*. Computer Press, Praha, 2003. ISBN 80-7226-879-1
- [7] Kačmář, D.: *Programujeme .NET aplikace*. Computer Press, Praha, 2001. ISBN 80-7226-569-5
- [8] *Obchodujeme FOREX IV - jak na fundamentální analýzu (1) - Financnik.cz* [online][citované 21.10.2010] Dostupný na URL:
<http://www.financnik.cz/komodity/zkusenosti/forex-fundamentalni-analyza.html>
- [9] *Obchodujeme FOREX II. - Financnik.cz* [online][citované 18.10.2010] Dostupný na URL:
<http://www.financnik.cz/komodity/zkusenosti/forex-II.html>
- [10] *Obchodujeme FOREX I. - Financnik.cz* [online][citované 16.10.2010] Dostupný na URL:
<http://www.financnik.cz/komodity/zkusenosti/obchodujeme-forex-1.html>
- [11] Kreslík, M.: *International foreign exchange trading*, 2006, přednáška na Mendelově Univerzitě, Brno
- [12] Darkstar Forex | Retail vs. ECN Brokers [online] [citované 30.4.2011] Dostupné na URL:
<http://www.darkstarforex.com/post/2011/04/10/Retail-vs-ECN-Brokers.aspx>
- [13] Tze Leung Lai, Haipeng Xing: *Statistical Models and Methods for Financial Markets*, Springer, 2008, ISBN 978-0-387-77826-6
- [14] Tsay, R., S.: *Analysis of Financial Time Series (Wiley Series in Probability and Statistics)*, Wiley, 2010, ISBN 978-0470414354.
- [15] Doc. Ing. Jaroslav Zendulka, CSc., přednášky predmetu ZZN - Získávání znalostí z databází, Fakulta Informačních Technologií VUT v Brně
- [16] Hrvol'ová, B.: *Analýza finančních trhů*, Sprint vřra, 2001, ISBN 80-88848-86-5
- [17] Ponta, L : *MODELING AND STATISTICAL ANALYSIS OF FINANCIAL MARKETS AND FIRM GROWTH*,[disertačná práce],University of Genoa, Faculty of Engineering

Zoznam príloh

Príloha 1. CD